DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Aspectos estratégicos en la producción y los servicios

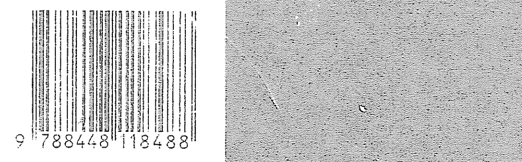
El presente libro se centra en los aspectos estratégicos de la Dirección de Operaciones, tanto para empresas productivas como para aquellas otras que desarrollan su actividad en el creciente sector de los servicios. Se han distinguido tres apartados: **Introducción**, **Diseño del Subsistema** y **Nuevos Desarrollos en la Dirección de Operaciones.**

La **Introducción** (Parte I) comienza situando el subsistema productivo dentro del sistema empresa, dejando sentada la importancia de un enfoque integrado para la dirección empresarial. A continuación, se aborda la compleja problemática de la Función de Operaciones en nuestros días, su importancia, su naturaleza y sus características fundamentales. Por último, se estudia la primera fase de la actividad productiva, referente a la Estrategia de Operaciones, que, en el largo plazo, se materializa en el resto del presente libro.

En primer lugar, a través del **Diseño del Subsistema** (Parte II), las actividades que lo integran están íntimamente interrelacionadas y en su desarrollo intervienen de forma coordinada la Alta Dirección y las distintas áreas de la empresa. Primeramente se estudia la problemática derivada de la *selección y diseño de los productos o servicios* a desarrollar *y de los procesos* necesarios para elaborarlos, incluyendo el diseño, la medición y la compensación del trabajo. Estas actividades nos permitirán saber qué hacer y cómo hacerlo. Seguidamente se ocupa de las *decisiones sobre capacidad a largo plazo*, que marcarán la estructura fija durante dicho horizonte temporal y, con ella, las cantidades a producir y las posibilidades de respuesta de la firma al mercado. Por último, se estudia la *localización* de la actividad productiva y la *distribución en planta* de los equipos en función de los productos y procesos seleccionados.

La última parte (Parte III) trata de lo que hemos denominado **Nuevos Desarrollos en el Área de Operaciones**, los cuales están ejerciendo una gran influencia en los temas mencionados anteriormente. A lo largo de tres capítulos, dedicados a las *nuevas tecnologías y su gestión*, se abordan temas como los sistemas de fabricación flexibles (FMS), la automatización de la ingeniería (CAD, CAE, CAM), la fabricación integrada asistida por ordenador (CIM), la automatización e integración en los servicios, etc. La obra termina con un capítulo dedicado al importante tema de la *globalización de las operaciones*, absolutamente imprescindible en un mundo cuya economía experimenta una creciente internacionalización.

La problemática relativa a los niveles táctico y operativo ha sido elaborada por los autores en otro libro que complementa al que ahora presentamos. En conjunto, ambos constituyen una obra que esperamos pueda servir de ayuda a todos aquellos que se interesan por la Dirección de Operaciones.


9 788448 118488



ISBN: 84-481-1848-0

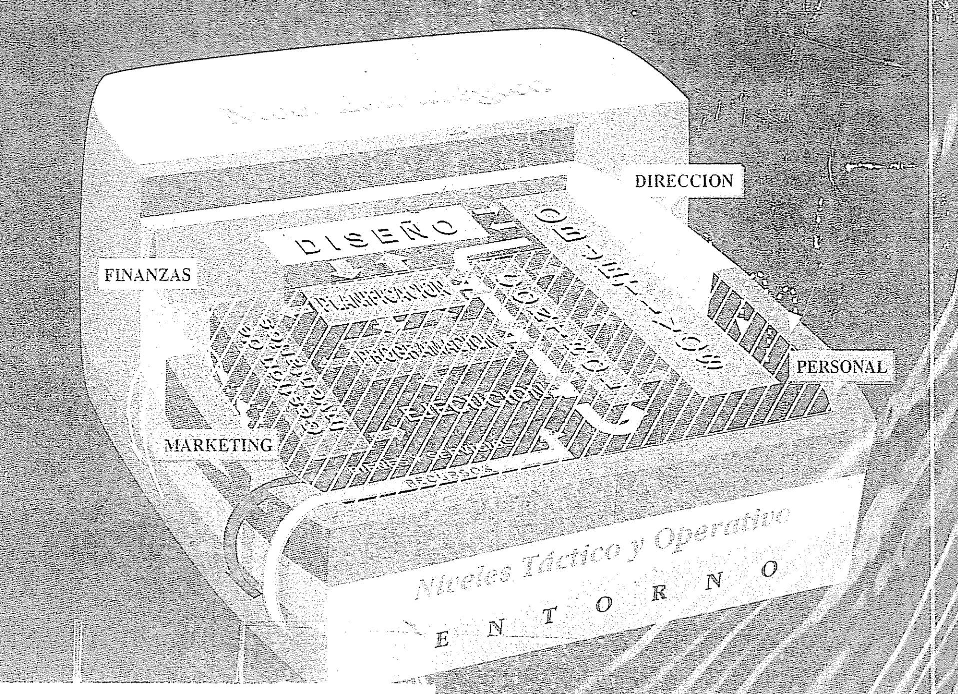
DIRECCIÓN DE OPERACIONES
Aspectos estratégicos en la producción y los servicios

Domínguez Machuca
Álvarez Gil • García González

DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Aspectos estratégicos en la producción y los servicios

José Antonio Domínguez Machuca (Coordinador y Director)
M.ª José Álvarez Gil
Santiago García González
M. Angel Domínguez Machuca
Antonio Ruiz Jiménez



DIRECCION DE OPERACIONES

Aspectos estratégicos en la producción y los servicios



DIRECCION DE OPERACIONES

Aspectos estratégicos en la producción y los servicios

JOSE A. DOMINGUEZ MACHUCA
Universidad de Sevilla

MARIA JOSE ALVAREZ GIL
Universidad Carlos III de Madrid

SANTIAGO GARCIA GONZALEZ
Universidad de Huelva

MIGUEL ANGEL DOMINGUEZ MACHUCA
Universidad de Sevilla

ANTONIO RUIZ JIMENEZ
Universidad de Sevilla

McGraw-Hill

MADRID • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA • LISBOA • MEXICO
NUEVA YORK • PANAMA • SAN JUAN • SANTAFE DE BOGOTA • SANTIAGO • SAO PAULO
AUCKLAND • HAMBURGO • LONDRES • MILAN • MONTREAL • NUEVA DELHI • PARIS
SAN FRANCISCO • SIDNEY • SINGAPUR • ST. LOUIS • TOKIO • TORONTO

DIRECCION DE OPERACIONES.
Aspectos estratégicos en la producción y los servicios

ISBN: 84-481-1848-0
Depósito legal: M. 48.961-1999

Editor: Mariano J. Norte
Diseño cubierta: Estudio Félix Piñuela
Compuesto en MonoComp, S. A.
Impreso en Lavel, S. A. Industria Gráfica

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

A ti, que para leer esta obra decidiste adquirir el fruto de un gran esfuerzo en lugar de fotocopiarlo.

Gracias.

CONTENIDO

PARTE SEGUNDA

EL DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE OPERACIONES

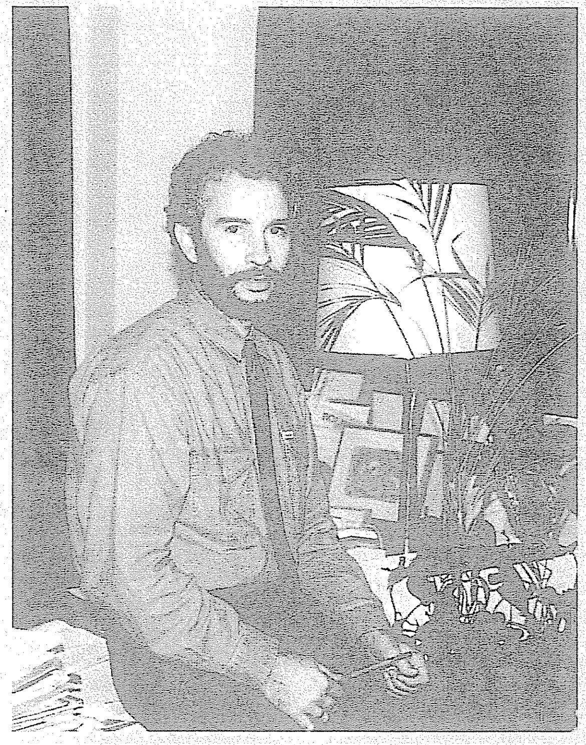
ANEXO PARTE II

METODOS OPERATIVOS

PARTE TERCERA

NUEVOS DESARROLLOS EN EL SUBSISTEMA DE OPERACIONES

SOBRE LOS AUTORES



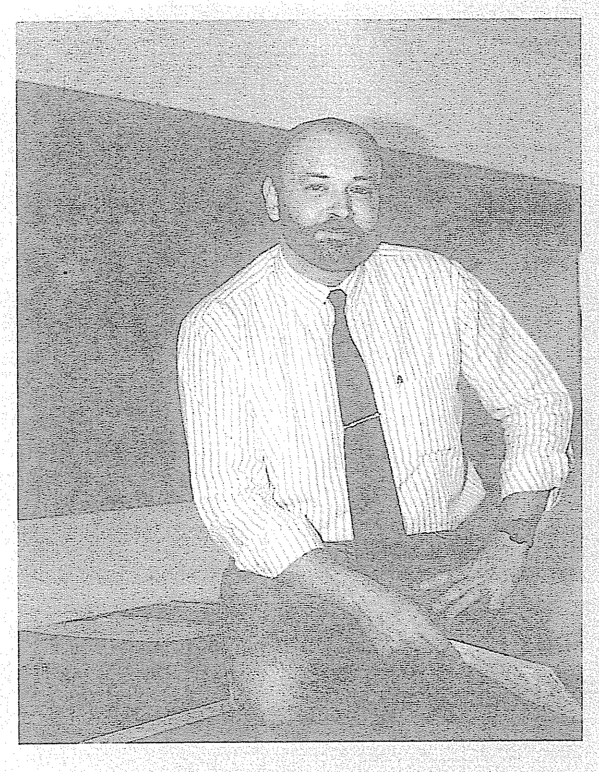
José Antonio Domínguez Machuca

- Doctor Ingeniero Industrial y Licenciado en Ciencias Económicas y Empresariales (Sección Empresariales).
- Catedrático de Economía de la Empresa en la Universidad de Sevilla, donde ha enseñado en las áreas de Operaciones, Finanzas y Simulación Empresarial con Dinámica de Sistemas.
- Profesor e investigador visitante en numerosas universidades extranjeras (M. I. T., Berkeley y San Diego (EE.UU.), Bocconi y Politécnico de Milano (Italia), Dauphine y Lyon II (Francia), Centro de Buenos Aires (Argentina), C. I. D. E. (México), Asian Institute of Technology (Thailandia), Shangai Institute of Technology (China), Gakushuin (Japón), entre otras.)
- Director del Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones (1983-1993) y Vicedecano de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Sevilla (1983-1989).
- Vicepresidente de la System Dynamics Society (1990-1992 y 1994-1997), Consejero o/y miembro de otras sociedades científicas internacionales y nacionales (WACRA, TIMS, ORSA, POMS, SAGSET, ABSEL, AEDEM, ACEDE, SESGE).
- Director del Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Asistidas por Ordenador (G. I. D. E. A. O). Ha dirigido numerosos proyectos de investigación empresarial, tanto a nivel nacional como de ámbito europeo, con financiación pública y/o privada. Asimismo ha realizado trabajos de consultoría y de formación para distintas firmas nacionales y multinacionales.
- Es autor/coautor de otros siete libros y editor/coeditor de cuatro monografías (tres internacionales), así como de más de cuatro decenas de artículos en revistas y obras colectivas de su especialidad (internacionales y nacionales).
- Miembro del Comité de Programa Científico en seis congresos internacionales (tres veces como Presidente) y ponente en más de treinta, así como en unos veinte nacionales. Ha presidido sesiones en múltiples ocasiones.



María José Alvarez Gil

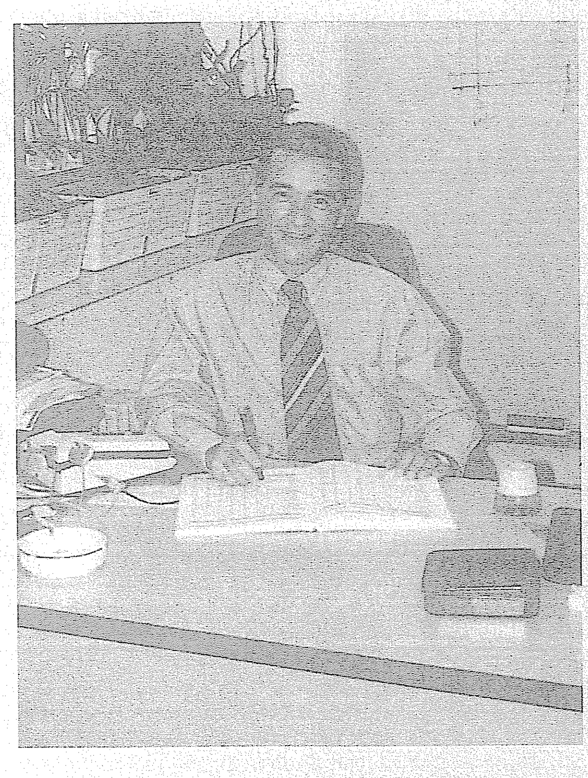
- Doctora en Ciencias Económicas y Empresariales (Sección Empresariales).
- Profesora Titular de Economía Financiera y Contabilidad del Departamento de Economía de la Empresa en la Universidad Carlos III de Madrid, donde ha impartido docencia en las áreas de Finanzas y Operaciones (actualmente sólo en esta última) en el Segundo y Tercer Ciclos; anteriormente lo hizo en la Universidad de Sevilla. Ha dictado conferencias en los programas de Tercer Ciclo de las Universidades de Almería, Cádiz, León y Sevilla.
- Secretaria de la Diplomatura en Ciencias Empresariales de la Universidad Carlos III de Madrid (1992 hasta la fecha).
- Miembro de la Asociación Europea OMA (*Operations Management Association*), European Working Group on Financial Modelling, AEDEM, de la norteamericana POMS (*Production and Operations Management Society*) y del Grupo de Investigación de Empresas Asistidas por Ordenador (G. I. D. E. A. O.).
- Ha participado en más de siete proyectos de investigación nacionales y europeos, los cuales recibieron financiación pública, así como trabajos de asesoramiento y formación para entidades públicas y privadas.
- Es coautora de otro libro y ha participado en cuatro obras colectivas internacionales y otras seis nacionales. Ha publicado una decena de artículos en diferentes revistas especializadas nacionales e internacionales.
- Ha presentado ponencias en seis congresos y tres *workshops* internacionales y cerca de una decena en los nacionales, actuando en diferentes ocasiones como moderadora y *discussant*.



Santiago García González

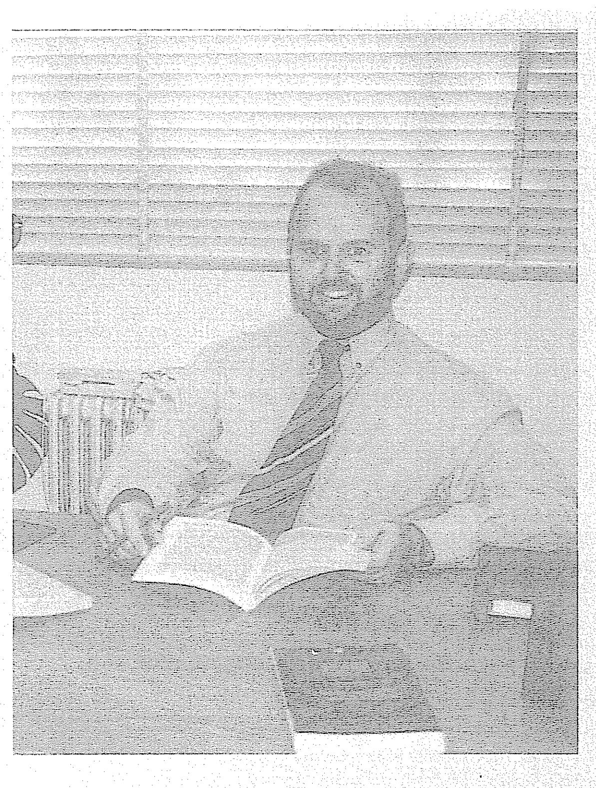
- Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales (Sección Empresariales).
- Catedrático de Economía Financiera y Contabilidad de la Universidad de Huelva, en la que actualmente imparte docencia en el área de Dirección de Operaciones, habiéndolo hecho con anterioridad en esta disciplina, así como en las de Informática y Economía de la Empresa en la Universidad de Sevilla.
- Director del Departamento de Economía Financiera, Contabilidad y Dirección de Operaciones de la Universidad de Huelva desde su creación. Secretario de la Escuela Universitaria de Estudios Empresariales de la Universidad de Sevilla (1987-1989).
- Miembro de diversas sociedades científicas (System Dynamics Society, AEDEM, ACEDE).
- Miembro del Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Asistidas por Ordenador (G. I. D. E. A. O.). Ha participado en diversos proyectos de investigación empresarial con financiación pública y/o privada y ha realizado trabajos de consultoría y formación para distintas empresas nacionales.
- Es autor/coautor de otros dos libros y de más de una quincena de artículos en revistas y obras colectivas de su especialidad. Ha presentado trabajos en diversos congresos nacionales e internacionales.
- Ha organizado, coordinado, dirigido o impartido diferentes cursos, seminarios y ciclos de conferencias dirigidos a profesionales y posgraduados.

Miguel Angel Domínguez Machuca



- Doctor Ingeniero Industrial.
- Catedrático de Economía Financiera en la Universidad de Sevilla, donde ha impartido docencia en Economía de la Empresa, Productos y Procesos Industriales, Marketing y, desde hace diez años, exclusivamente Dirección de Operaciones y Simulación Empresarial con Dinámica de Sistemas.
- Profesor invitado por el Politécnico de Milano (Italia) e Investigador en la Universidad de Lyon II (Francia).
- Secretario del Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones de la Universidad de Sevilla (1985-1992).
- Miembro del Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Asistidas por Ordenador (G. I. D. E. A. O.). Ha participado en diversos proyectos de investigación y ha realizado trabajos de consultoría para la Administración Pública y distintas empresas privadas, así como de formación para distintas firmas nacionales e internacionales.
- Es coautor de otros tres libros, así como de diversos artículos en revistas y obras colectivas de su especialidad. Ha presentado trabajos en diversos congresos nacionales e internacionales.
- Miembro de diversas sociedades científicas (System Dynamics Society, AEDEM, ACEDE).
- Asesor técnico en Dirección de Operaciones y miembro del Talent Pool del Centro Europeo de Empresas e Innovación (EUROCEI) desde diciembre de 1995.
- Coordinador del Talent Pool del Centro Europeo de Empresas e Innovación (EUROCEI) desde junio de 1996.

Antonio Ruiz Jiménez



- Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales (Sección Empresariales).
- Profesor Titular de Economía Financiera y Contabilidad en la Universidad de Sevilla, donde imparte docencia en el Area de Dirección de Operaciones y de Simulación Empresarial con Dinámica de Sistemas.
- Secretario de la Comisión de Doctorado del Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones de la Universidad de Sevilla (1989-1993).
- Miembro del Grupo de Investigación en Dirección de Empresas Asistidas por Ordenador (G. I. D. E. A. O.). Ha participado en diversos proyectos de investigación, a nivel nacional e internacional, con financiación pública y/o privada.
- Ha organizado e impartido distintos seminarios y ciclos de conferencias dirigidos a profesionales y alumnos de posgrado, algunos de ellos de carácter internacional.
- Es coautor de otros dos libros y autor/coautor de numerosos artículos y publicaciones en revistas y obras colectivas relacionados con la Dirección de Operaciones y la Dinámica de Sistemas.
- Ha presentado trabajos en cuatro congresos internacionales y seis nacionales.
- Ha realizado trabajos para la Administración Pública (1986-1987), así como diversas tareas de consultoría y formación.
- Miembro de diversas sociedades científicas (System Dynamics Society, AEDEM, ACEDE).

PROLOGO

Durante los años 60 (e incluso los 70) pocos directivos y empresas occidentales se dieron cuenta de la importancia que puede tener el Area de Operaciones y las decisiones que en ella se toman. Pocos pensaron en utilizarla como instrumento competitivo a pesar de que, como la realidad ha demostrado posteriormente, dicha función representa una de las bases más sólidas para obtener una ventaja competitiva sostenida. También se ha comprobado, con consecuencias fatales para muchas firmas, que cuando la Dirección de Operaciones es inadecuada y limita las posibles opciones estratégicas puede arrastrar al fracaso empresarial; no en vano, especialmente (pero no únicamente) en las empresas fabriles, el área productiva absorbe la parte más importante de los costes e inversiones. En una mayoría de empresas el desarrollo estratégico se ha basado (y en muchas aún se basa) en aspectos relacionados con el Area de Marketing, sin introducir a la Función de Operaciones en el debate estratégico, pues se la consideraba básicamente operativa. Se suponía que dicha función podría seguir, sin necesidad de cambios significativos, los distintos caminos marcados por la estrategia corporativa así diseñada. El consiguiente fracaso empresarial o la pérdida de posiciones competitivas ha marcado, por desgracia demasiado frecuentemente, el error de dicho enfoque.

Hace ya casi treinta años, algunas firmas japonesas reconocieron el papel crítico de la Dirección de Operaciones en la consecución de sus objetivos. Por desgracia, hizo falta una fuerte sacudida a nivel mundial para que al fin despertaran de su letargo las empresas occidentales y se produjese un cambio radical en el estado de opinión sobre la Función de Operaciones. Coincidimos con numerosos autores en que son muchas las empresas que han descubierto cómo, frecuentemente, el *arma secreta* de sus temibles competidores no estaba basada en una mayor potencia comercial o en una superior fuerza financiera, sino en la capacidad para elaborar sus productos de forma más eficiente, más fiable y más precisa. Van en aumento las firmas que se han visto obligadas a aceptar que han descuidado la Función de Producción durante demasiado tiempo y que su potencial, como ocurre con los músculos no utilizados, ha acabado por atrofiarse.

Es evidente que han existido y existen factores externos que condicionan la posición competitiva de las empresas occidentales, pero, sin duda, ello sólo explica parcialmente el problema. Ha tomado peso la corriente de opinión que defiende que el problema real reside sobre todo en las actitudes de los directivos, en las capacidades y en las estrategias, especialmente en el área de producción y desarrollo tecnológico. En este sentido, son muchos los autores y responsables políticos americanos que, en cierta medida, fundamentan la caída de la Economía de sus países en los 70 a la falta de reconocimiento de la importancia del Area de Operaciones. El hecho de que las empresas japonesas, bajo los mismos condicio-

nantes externos que sus homólogas americanas y con personal estadounidense, consiguiesen resultados indiscutiblemente mejores abunda en este sentido. Tampoco los factores externos podían explicar por qué las empresas competidoras podían producir con la cuarta parte de inventario en curso y con la mitad de espacio y de inversión, ni tampoco por qué eran capaces de reducir a la mitad el tiempo entre el diseño y la introducción de nuevos productos, posibilitando la entrada en el mercado de un número más elevado de aquéllos. Las *armas fundamentales para el triunfo en la batalla competitiva* por parte de las firmas japonesas fueron la mejora de los sistemas productivos, los nuevos métodos de dirección, la planificación y control de operaciones, el trabajo en equipo, la gestión integrada y una especial atención al factor humano.

En la U.E., a nivel institucional, se reconoce la tremenda importancia de los distintos factores mencionados hasta ahora y de su integración de acuerdo con estrategias coherentes. Se resalta que, actualmente, los elementos determinantes de la competitividad van más allá del nivel relativo de los costes directos de los factores de producción, resaltándose la importancia de la calidad de la educación y la formación, de la eficacia de los procesos de dirección, de la planificación y control de producción, de la calidad de productos y servicios (en pro de la cual se pretende lanzar una política europea), de la capacidad de introducir continuas mejoras en los procesos productivos, de la integración de los cambios sociales en las estrategias empresariales y de los esfuerzos en investigación y desarrollo.

Las consideraciones anteriores muestran la importancia de abandonar actitudes pasivas que no tienen conciencia de que los resultados empresariales dependen normalmente de la dirección y gestión, de la formación, de la actitud ante el cambio, etc. Las firmas líderes se adentran en un proceso de mejora continua que no deben abandonar si no desean correr el riesgo de ser desplazadas de la primera línea de excelencia. La tremenda y creciente competencia internacional y los tremendos avances en el Area de Operaciones, tanto en tecnología como en métodos de dirección, gestión y control, empujan constantemente hacia dicho proceso de mejora, pues los líderes están continuamente avanzando sus posiciones.

Resulta evidente, pues, la tremenda importancia que tiene para el mundo empresarial el adecuado conocimiento y tratamiento de la Función de Operaciones, así como las posibilidades de una sólida formación en dicha disciplina. Bajo la presión de la competencia internacional, el desfase existente entre dichas necesidades y la realidad va reduciéndose considerablemente en muchos países; sin embargo, en el nuestro existe aún un notable retraso, mayor si cabe en el mundo académico (especialmente en las F.C.E.E. y E.U.E.E.) que en el profesional. Debido a ello, nos planteamos la elaboración de la presente obra, subdividida en dos libros y dirigida a los dos ámbitos mencionados, que recoge la experiencia de los autores tras veinte años de docencia, investigación y aplicaciones en este campo. Su contenido surge de ésta y pretende reflejar los temas que resultan fundamentales para la actualidad y para un próximo futuro. En el desarrollo de los mismos, en el que hemos intentado combinar la necesaria profundidad con un nivel pedagógico adecuado, hemos tenido en cuenta una serie de condiciones básicas que, a nuestro juicio, deben estar presentes en cualquier obra sobre Dirección de Operaciones que desee ser fiel a la compleja problemática a que ésta se enfrenta en nuestros días. Estas son:

- Desarrollar la disciplina de forma integrada, con un enfoque jerárquico, de forma que las decisiones de los niveles estratégico, táctico y operativo estén claramente relacionadas y coordinadas. Es frecuente observar que esto no ocurre en muchos libros de texto, donde a menudo aquéllas se exponen como elementos aparentemente inconexos y, muchas veces, desordenadas e incompletas. Esto dificulta la visión global y, con ello, la clara percepción de la compleja problemática de la Dirección de Operaciones.
- Buscar un equilibrio adecuado entre los aspectos ligados con el largo plazo (nivel estratégico) y aquellos otros relacionados con el medio y corto plazo (niveles táctico y operativo).
- Dejar claras las interrelaciones con otras funciones empresariales, haciendo ver cómo, en los distintos niveles decisionales, es necesario tener en cuenta la influencia recíproca. Se huye así de la estrecha visión analítica que lleva, en el mejor de los casos, a la suboptimización.
- Considerar la creciente relevancia de los servicios, haciendo referencias explícitas a los mismos cuando sus diferencias con las empresas de fabricación lo hagan necesario.
- Buscar un equilibrio en el contenido de los temas, de forma que todos ellos queden suficientemente cubiertos y que se tenga en cuenta su importancia, actual y futura, en la empresa.
- Colocar a los métodos y técnicas en su lugar, dejando claro que son un medio y no un fin en la Dirección de Operaciones; así como sus limitaciones, ventajas e inconvenientes.

El presente libro se centra en los aspectos estratégicos de la Dirección de Operaciones, tanto para empresas productivas como para aquellas otras que desarrollan su actividad en el creciente sector de los servicios. Se han distinguido tres apartados: Introducción, Diseño del Subsistema y Nuevos Desarrollos en la Dirección de Operaciones.

La **Introducción** (parte I) comienza situando el subsistema productivo dentro del sistema empresa, dejando sentada la importancia de un enfoque integrado para la dirección empresarial. A continuación se aborda la compleja problemática de la Función de Operaciones en nuestros días, su importancia, su naturaleza y sus características fundamentales. Por último, se aborda la primera fase de la actividad productiva, referente a la Estrategia de Operaciones, que, en el largo plazo, se materializa en el resto del presente libro.

En primer lugar (parte II) a través del **Diseño de Subsistema**; las actividades que lo integran están íntimamente interrelacionadas y en su desarrollo intervienen de forma coordinada la Alta Dirección y las distintas áreas de la empresa. Se estudia primeramente la problemática derivada de la selección y diseño de los productos o servicios a desarrollar y de los procesos necesarios para elaborarlos, incluyendo el diseño, medición y compensación del trabajo. Estas actividades nos permitirán saber qué y cómo hacerlo. Seguidamente nos ocupamos de las decisiones sobre capacidad a largo plazo, que marcarán la estructura fija durante dicho horizonte temporal y, con ella, las cantidades a producir y las posibilidades de respuesta de la firma al mercado. Por último, se estudia la localización de la actividad productiva y la distribución en planta de los equipos en función de los productos y procesos deseados.

La última parte (III) se ocupa de lo que hemos denominado **nuevos desarrollos en el Area de Operaciones**, los cuales están ejerciendo una gran influencia en los temas mencionados anteriormente. A lo largo de tres capítulos dedicados a las nuevas tecnologías y su gestión, se abordan temas como: los sistemas de fabricación flexible (FMS), la automatización de la ingeniería (CAD, CAE, CAM), la fabricación integrada asistida por ordenador (CIM), la automatización e integra-

ción en los servicios, etc. Terminamos con un capítulo dedicado al importante tema de la globalización de las operaciones, absolutamente imprescindible en un mundo cuya economía experimenta una creciente internacionalización.

La problemática relativa a los niveles táctico y operativo ha sido abordada por los autores en otro libro[1] que complementa al que ahora presentamos. En conjunto, ambos constituyen una obra que esperamos pueda servir de ayuda a todos aquellos que se interesan por la Dirección de Operaciones.

Para terminar, deseamos agradecer su colaboración y apoyo a todos aquellos que, directa o indirectamente, han colaborado con nosotros para que este libro viese la luz. En primer lugar a numerosos profesores y amigos de las distintas Universidades españolas, que, con su aliento, nos ayudaron a seguir en el empeño. En segundo lugar a aquellos que nos ofrecieron su tiempo para colaborar activamente desarrollando algún capítulo o apartado, cuyos nombres aparecen en el lugar correspondiente. En tercer lugar a aquellos otros que nos ayudaron a la relectura de originales y pruebas de imprenta (Macarena Sacristán, Pedro Garrido, Juan Antonio García, María del Mar González, Rafaela Alfalla y Rosa García). En cuarto lugar a nuestro editor, Mariano Norte. En quinto lugar a Francisco Javier Durán y Charo Ferrer, que mecanografiaron parte de los originales. Por último (pero no en orden de importancia), a nuestras respectivas familias, que soportaron durante interminables meses nuestra, probablemente, excesiva dedicación a la obra que hoy presentamos.

Quienes estén interesados en ponerse en contacto con los autores pueden hacerlo comunicando con:

José Antonio Domínguez Machuca.
G.I.D.E.A.O./Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones.
Avenida Ramón y Cajal, 1, 41018 Sevilla
* Teléfono: 95-455 76 10 (territorio nacional), 34-5-455 76 10 (extranjero)
* Fax: 95-455 75 70 (territorio nacional), 34-5-455 75 70 (extranjero)
* E-mail: jmachuca @ obelix.cica.es

JOSÉ A. DOMÍNGUEZ MACHUCA
Sevilla, noviembre de 1994

[1] J. A. D. Machuca; S. García; M. A. Domínguez; A. Ruiz y M. J. Alvarez: «Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1995.

PARTE PRIMERA

INTRODUCCION

1. El sistema empresa y el Subsistema de Operaciones.
2. La problemática de la Dirección de Operaciones.
3. La Estrategia de Operaciones.



EL SISTEMA EMPRESA Y EL SUBSISTEMA DE OPERACIONES[1]

1.1. INTRODUCCION

Comenzaremos el presente capítulo mostrando a la empresa como un todo en el seno del sistema económico en que se integra, resaltando el papel que juega en el conjunto y deduciendo cuál es la misión del especialista en Dirección y Gestión. Dado que ésta dependerá de su percepción de los problemas empresariales, continuaremos haciendo un breve resumen de algunos de los enfoques con los que éstos han sido tratados a través del tiempo, así como de las correspondientes soluciones. Ello nos llevará a definirnos por el que consideramos más adecuado en la época actual, en virtud del cual contemplaremos la realidad empresarial como un sistema abierto al entorno y compuesto por un conjunto de partes interrelacionadas entre sí, las cuales desarrollan funciones tendentes a lograr un objetivo común. Cada parte es únicamente una pieza de este sistema total, interdependiente con los demás elementos claves de un conjunto del que nunca deben aislarse si no queremos que pierdan el verdadero sentido de su funcionamiento y de su existencia. Es precisamente así como queremos que se contemple el Subsistema de Operaciones, cuya problemática es el objeto de la presente obra.

1.2. LA EMPRESA COMO ELEMENTO DEL SISTEMA ECONOMICO

En la actividad económica destacan fundamentalmente las *empresas*, o unidades de producción creadoras de utilidad, y las *unidades de consumo*, siendo las primeras el órgano característico de cualquier tipo de sociedad industrial. Las empresas ponen en movimiento los flujos de energía, materiales y dinero que circulan en el sistema económico. La Figura 1.1 muestra, de forma simplificada, su funcionamiento básico y en ella nos apoyaremos para comentarlo.

Las empresas detectan las necesidades de los consumidores y las satisfacen mediante la elaboración de una serie de bienes y servicios, que dan lugar a un flujo entre ambos (arcos 1). Como contrapartida a este flujo de materiales, se genera uno monetario (arcos 1′), que, partiendo de los consumidores, llega a las empresas en forma de ingresos por ventas. La transacción se realiza en un elemento fundamental del sistema económico, el *mercado*, que en este caso será el de bienes y servicios.

[1] El presente capítulo es básicamente una reproducción del artículo: «La empresa a la luz del enfoque del sistema» (J. A. D. Machuca, 1989).

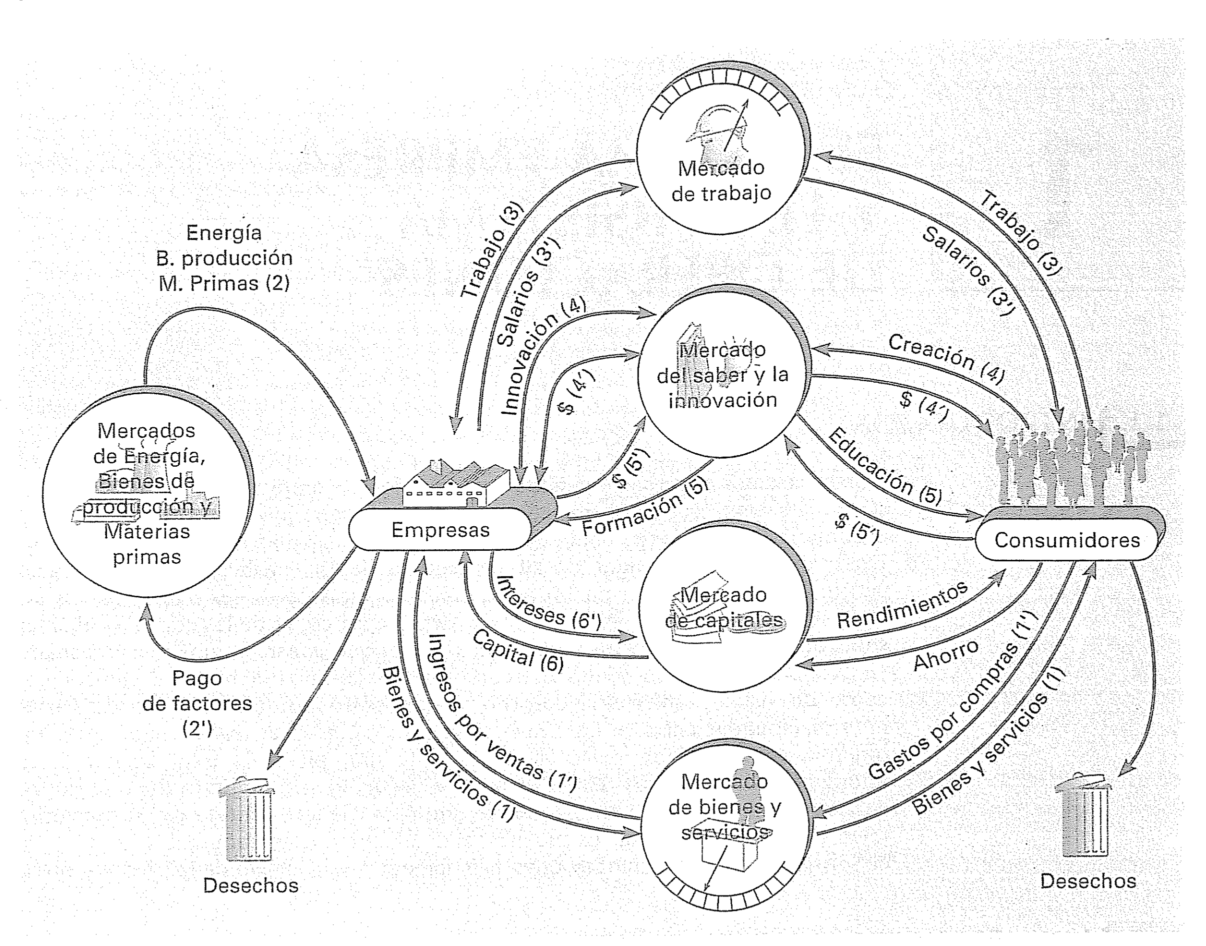


Figura 1.1. La empresa en la economía de mercado. (Basada en Rosnay, 1975)

Para la obtención de estos últimos, la empresa utiliza una serie de **factores básicos** para su funcionamiento que, en el caso más general, suelen ser:

- Los **materiales** que sirven de base a la transformación (arco 2).
- Los **equipos productivos**, que realizarán la fabricación o/y el montaje (arco 2).
- La **energía**, que hará funcionar la maquinaria (arco 2).
- El **factor trabajo**, conjunto de operarios, empleados y cuadros que accionarán los equipos, tratarán la información, clasificarán y dirigirán (arco 3).
- La **información**, el conocimiento, los bienes inmateriales, poseídos por los miembros de la empresa y que proceden de un saber previamente elaborado (arcos 4 y 5).
- El **capital** (arco 6), recursos financieros con los que se deberá hacer frente a las inversiones representadas por los factores anteriores.

Los flujos mencionados deberán ser retribuidos por la firma, dando lugar a unos flujos monetarios que salen de ésta y se contraponen a aquéllos (arcos 2', 3', 4', 5' y 6'). A estas salidas monetarias se hace frente con los ingresos proporcionados por las ventas (arco 1'), y sólo en la medida en que las unidades de producción generen más valor del que consumen podrán crear riqueza. Precisamente, *la creación de un valor añadido* después de retribuir los distintos factores *es una de las principales funciones de la empresa* en el sistema y una condición necesaria para su supervivencia a largo plazo.

Llegados a este punto hemos situado a la empresa dentro del sistema económico, en el que se integra desarrollando una serie de funciones. Podría pensarse que consideramos a la firma como una caja negra que transforma las entradas (factores) en salidas (bienes y servicios) sin que nos preocupe qué sucede en su interior. ¡Nada más lejos de nuestra idea! A todo especialista en Dirección de empresas debe preocuparle con qué objetivos y de qué forma debe realizarse la transformación mencionada; la forma de percibir y de resolver esta problemática dependerá fundamentalmente de nuestra concepción de la realidad empresarial. En ese sentido, puede ser útil recordar, aunque brevemente, algunos de los enfoques con que se ha abordado el estudio de la empresa a lo largo del tiempo, los cuales, de una u otra forma, han intervenido en la configuración del más reciente de los programas de investigación de la Dirección de empresas, el de sistemas, con el cual nos sentimos plenamente identificados. A este tema dedicamos el próximo apartado.

1.3. ALGUNOS ENFOQUES EN LA INVESTIGACION EMPRESARIAL

Aunque la definición del objeto y contenido de la Economía de la Empresa comienza a fundamentarse en el siglo XV, nuestros comentarios se ceñirán a las corrientes de pensamiento que han ido desarrollándose desde finales del siglo XIX hasta nuestros días, las cuales constituyen la etapa básica y la etapa moderna de los estudios sobre la empresa[2]. Participamos del pensamiento de muchos autores[3], según el cual las condiciones del marco histórico han influido en la problemática empresarial y en el surgimiento de enfoques y de escuelas de pensamiento adecuadas al contexto, como tendremos ocasión de constatar a lo largo del presente apartado.

1.3.1. La Escuela Clásica

A finales del siglo XIX aparece el capitalismo financiero, que promueve la concentración económica y, simultáneamente, se dan una serie de avances tecnológicos que, impulsados en gran medida por el capital, permiten la expansión productiva. La conjunción de ambos hechos, favorecidos por la atmósfera ideológica del «laissez faire», da lugar a la segunda revolución industrial.

Aparece así una estructura de producción, la gran empresa, que requiere soluciones a la problemática específica que se plantea, para lo cual promueve y

---

[2] Existen otras formas de agrupar los distintos enfoques y tendencias distintas a las que presentamos en este apartado; en ese sentido, puede verse, por ejemplo, Renau (1985).

[3] Véase, por ejemplo, G. Friedman (1958), Koontz y O'Donnell (1973), Kliksberg (1978).

orienta la investigación en ese sentido. La respuesta global la dio en aquel momento la **Escuela Clásica** («Dirección Científica»), como puede verse, para algunos problemas concretos, en el cuadro adjunto.

Cuadro 1.1. Respuesta de la Escuela Clásica a algunos problemas empresariales

Problemática empresarial	Respuesta de la Escuela clásica
— Conseguir una respuesta automática y sin interferencias de tipo humano a los objetivos programados.	— Concepción mecanicista del operario y estricto control disciplinario.
— Ampliación del mercado de trabajo e incorporación de operarios con escasa o nula formación.	— Alta subdivisión del trabajo en tareas elementales.
— Necesidad de medios de motivación para que el operario se adapte a la nueva estructura y aumente su productividad.	— Concepción hedonista del hombre, motivación basada en el dinero, que da lugar a los sistemas de incentivos.

Desde esta perspectiva, se adoptó un *sistema de valores en el que lo principal era la maximización de los objetivos económicos de la empresa.* Ello lleva a los autores de esta escuela a basar sus trabajos en concepciones que niegan la existencia de factores no formales en la organización y que afirman el carácter mecanicista del hombre; asimismo, eligen un *estrecho nivel de análisis* que margina las interacciones existentes entre la empresa y su medio, el cual les hace concebir a la primera como sistema cerrado.

Además de los factores mencionados hubo otros que facilitaron el éxito de la Escuela Clásica, tales como:

- La inexistencia de un cuerpo de legislación social, constituyendo los reglamentos internos el único sistema jurídico.
- La escasa fuerza de las organizaciones sindicales, que luchaban aún por el derecho a su existencia.
- La estructura del mercado de trabajo, con predominio absoluto de la oferta sobre la demanda.

Son muchas y justificadas las **críticas** recibidas por esta escuela[4]: escala de valores limitada, experiencias sesgadas y restringidas, visión simplista de la organización, etc. Sin embargo, aunque evidentemente la doctrina clásica no se adapta a la vida socioeconómica actual en los países desarrollados, hay que reconocer que estaba ajustada al espíritu y condiciones de la época y que se trató del primer intento de organizar íntegramente el trabajo humano en la industria en función de determinados principios.

1.3.2. La Escuela del Comportamiento

El año 1920 marca el comienzo de la revolución ideológica de la Teoría de la Organización (Pfiffner, Sherwood, 1963). A partir de ese momento, se dan una

[4] Véase, por ejemplo, Kliksberg (1978), March y Simon (1969), Morris (1966), Lussato (1976).

serie de circunstancias históricas que provocan la aparición de la **Escuela del Comportamiento**, que surge como algo bastante opuesto al enfoque clásico. Entre dichas circunstancias pueden resaltarse:

- La aparición en los países más industrializados de una legislación social, aprobándose normas que fijan restricciones y obligaciones a la parte empresarial.
- El aumento de poder de las organizaciones sindicales, que crecen y pasan de estar estructuradas por oficios a constituirse en sindicatos por industria.
- El desarrollo de las ciencias relacionadas con la conducta humana, que facilita el reanálisis del factor humano en la empresa.
- La toma de conciencia de que el enfoque clásico era en gran medida causante del clima de no colaboración de los operarios, con las consiguientes repercusiones negativas sobre la productividad.
- El crecimiento de la firma en tamaño y complejidad, que requiere personal de elevada formación, muy alejado de la concepción de los clásicos.

En este contexto no es extraño que se necesiten nuevos instrumentos y enfoques para atacar la nueva problemática empresarial y que la nueva corriente nazca a partir de su discrepancia con el tradicionalismo, para centrarse, posteriormente, en la elaboración de teorías y modelos propios. Las principales divergencias entre ambos enfoques aparecen en el Cuadro 1.2.

Cuadro 1.2. Diferencias entre la Escuela del Comportamiento y la Escuela Clásica

Sistema de valores
— *Rechazo de la concepción mecanicista,* considerada anticientífica y perjudicial: el hombre no puede separarse de su iniciativa e inteligencia sin perjudicar su integridad y su rendimiento productivo (su comportamiento sólo puede programarse de forma limitada). — *Rechazo de la concepción hedonista:* el hombre es, por naturaleza, trabajador y no holgazán, concurriendo en él múltiples metas además de la económica. — Consideración de que, más que el individuo, es *el grupo y el liderazgo participativo* el origen de las supuestas conductas individuales y, por tanto, deberá ser considerado en la elaboración de cualquier plan realista. — Defensa de la *existencia de la organización informal,* ignorada por los clásicos, de la cual derivan asignaciones de autoridad no programables. — Reconocimiento de la *existencia de conflictos* en el seno de la organización, los cuales influyen en la conducta humana y en la eficiencia.
Nivel de análisis
— *Ambito de aplicación más amplio* que el de los tradicionalistas. — Oposición a la deducción de principios y conceptos a partir del análisis de situaciones específicas. — Estudio de temas que los clásicos no examinaban (motivación, organización informal, etc.).
Metodología
— Al empirismo basado en la experiencia personal del enfoque anterior anteponen los métodos de las ciencias sociales: encuestas, tabulación de datos y tratamiento estadístico de los mismos.

Basándose en todo lo anterior, *los miembros de la Escuela de las Relaciones Humanas buscan la armonía en la empresa y el logro de los objetivos de la firma a partir de un esfuerzo común planificado.*

Entre las **críticas** recibidas por este movimiento podemos resaltar:

- Olvidar en gran medida la influencia sindical.
- Ignorar la frecuente existencia de intereses diversos, muchas veces incompatibles.
- No prestar suficiente consideración al entorno.
- No utilizar un marco teórico previo que guíe la investigación.
- Ineficacia operativa y escasa atención a los problemas microeconómicos de la empresa.

Las críticas mencionadas no deben restar a esta corriente su indudable valor innovador y su papel de transición con los movimientos modernos.

1.3.3. La Escuela Cuantitativa

En la década de los 40, debido a la complejidad de los nuevos sistemas de defensa y ataque que trae consigo la Segunda Guerra Mundial, los aliados introducen equipos pluridisciplinarios de científicos para el estudio de los problemas planteados. Es así como nace la Investigación Operativa (IO).

Al finalizar la guerra, la administración laborista que gobierna Gran Bretaña se encuentra ante nuevos problemas provocados por la nacionalización de importantes sectores de su economía y por la reconstrucción de gran parte de sus instalaciones industriales. Ello hace que los grupos de investigadores operativos pasen a ser utilizados en los sectores nacionalizados (carbón, electricidad, transporte...); casi inmediatamente, sectores privados (acero, textil) introducen grupos análogos para la resolución de problemas empresariales, de forma que, a mediados de los años 50, la utilización de la IO se encuentra afianzada en el mundo industrial, dando así nacimiento a la denominada **Escuela Cuantitativa**. Otras circunstancias que ayudaron a la difusión de la IO fueron, por una parte, la limitada implantación de los principios de los clásicos en Gran Bretaña y, por otra, el desarrollo de los ordenadores y su utilización en la industria, que facilitaron el tratamiento de problemas de gran complejidad.

En Estados Unidos las circunstancias son diferentes. Menos maltrecha su economía, se incrementan los fondos dedicados a la investigación en el campo militar, lo cual hace que los grupos de IO sigan dependiendo del ejército, consolidándose y aumentando, tanto en número como en tamaño. A esto se une que el enfoque clásico de los estudios empresariales estaba plenamente difundido y gozaba de gran prestigio; éstas y otras circunstancias frenan el desarrollo de la Escuela Cuantitativa en EE.UU., de forma que en 1951 era casi imposible encontrar aplicaciones de carácter no militar.

Los componentes de la Escuela Cuantitativa realizan abstracciones conceptuales de los problemas, que son representados mediante modelos matemáticos o de simulación, a partir de cuyos resultados se obtienen conclusiones sobre la realidad. A pesar de los indudables avances y éxitos que ha traído consigo, esta escuela no está exenta de **críticas** (véase también Capítulo 2).

En primer lugar, se le achaca el reducir la realidad a datos cuantitativos, cuando hay que ser conscientes de que los factores formalizables son sólo una pequeña parte de la información disponible y necesaria para una correcta toma

de decisiones. Esta característica ha limitado el éxito de la IO, más adecuada a niveles operativos que al de la Alta Dirección. En segundo lugar, se ha venido caracterizando por una cierta polarización hacia las técnicas e instrumentos, sin tener siempre en cuenta su alcance en el conjunto de la firma.

Lo anterior ha llevado a esta escuela a **optimizar problemas parciales**, sin considerar que la existencia de objetivos contradictorios en la empresa puede provocar que la optimización de algunos de ellos se consiga en perjuicio de otros; de esta forma **no se garantiza en absoluto el funcionamiento óptimo del conjunto empresarial**. Los modernos autores son conscientes de este problema e intentan llegar a modelos más globales, siendo notables los avances conseguidos a este respecto. Esto, unido al desarrollo de los ordenadores y al acercamiento cada vez más notable de los miembros de esta escuela hacia el enfoque de sistemas, que abordaremos más adelante, harán disminuir los riesgos de suboptimización y permitirán indudables progresos en esta área.

Otros factores negativos a considerar, entre otros, son:

- La tendencia a minimizar el efecto de los factores psicosociológicos.
- Un cierto desprecio por la experiencia empírica.
- La escasa comprensión de sus modelos por la mayor parte de los que en la práctica realizan la Dirección y Gestión empresarial.

1.3.4. La Escuela de los Sistemas Sociales

La gran organización es un fenómeno incontestable de nuestra realidad, existiendo multitud de razones que justifican la preocupación por el estudio del tema propuesto; de entre ellas podemos destacar[5]:

- *Razones de índole práctica*, pues a través de las grandes organizaciones se materializan gran parte de las decisiones y hechos más importantes en los campos económico, político, social, cultural e incluso religioso.
- *Razones de índole científica*, pues el auge del interés por el comportamiento del hombre es incontestable, habiéndose llegado a avances realmente significativos en las Ciencias Sociales.
- *Razones de índole social*, puesto que, en los países industrializados, la mayor parte de la mano de obra trabaja en relación de dependencia, directa o indirecta, con las grandes organizaciones.

Así pues, las condiciones históricas hicieron surgir organizaciones cuya complejidad y necesidades no explicaban las escuelas anteriormente mencionadas. Surge así la **Escuela de los Sistemas Sociales** para hacer frente a los nuevos problemas planteados y como reacción a la minimización de los factores informales y psicosociológicos por parte de la Escuela Cuantitativa.

La nueva escuela plantea, en primer lugar, una crítica de los principios clásicos de organización y administración, en la cual no entraremos (véase Simon, 1972). En cuanto a las aportaciones fundamentales del nuevo enfoque, debe destacarse, en primer lugar, su *atención al proceso interno de toma de decisiones* como clave de la actividad organizativa, campo en el que esta escuela ha dado pruebas de originalidad y ha ejercido gran influencia en las restantes. Para los autores de este movimiento, dicho proceso se desarrolla basado en un **criterio de racionalidad limitada** en la que, de una parte, no se busca maximizar sino satis-

[5] Véase, por ejemplo, Kliksberg (1978), McGuire (1965), Pfiffner y Scherwood (1963).

facer y, de otra, no se trabaja con todas las alternativas posibles, sino sólo con las más importantes.

En segundo lugar, recogiendo la crítica a los clásicos y teniendo presente las teorías de la Escuela de las Relaciones Humanas, se desarrolla otra aportación: **la teoría del equilibrio en la organización**, cuyas bases aparecen en el Cuadro 1.3. Otra interesante aportación de esta escuela es el *análisis de los conflictos y la comunicación*, así como el *reconocimiento de una red no formal de comunicación* junto a la establecida deliberadamente en la organización.

Cuadro 1.3. Bases de la teoría del equilibrio en la organización

Principio básico: *las organizaciones se mantienen en equilibrio dinámico*, siendo las bases del mismo:

— La organización o sistemas de conductas interrelacionadas de los participantes.
— Los participantes reciben compensación por sus aportaciones.
— Mientras las compensaciones superen o igualen a las aportaciones, los miembros de la organización permanecerán en ella.
— La organización extrae los alicientes que ofrece a partir de las aportaciones de sus miembros, y funcionará mientras estas últimas sean suficientes.

A partir de lo anterior intentan aclarar tres puntos:

— La decisión de participar por parte de los miembros.
— El contenido de los objetivos en función de la multiplicidad de intereses existentes en el seno de la empresa.
— El proceso de poder en la empresa.

Lo anteriormente expuesto significó, sin duda, un avance realmente significativo para un correcto estudio de las empresas. Sin embargo, se le hacen diversas **críticas**, entre otras (Kliksberg, 1978):

- Considerar la organización como sistema cerrado.
- Olvidar el importante papel que juega el entorno sobre la decisión de participación de los distintos miembros, así como sobre la estructura de poder en la organización.
- La supervivencia de la organización basada en el equilibrio interno puede no ser tan clara si se abandona la hipótesis de sistema cerrado.
- La contrastación de las hipótesis y modelos con la realidad es bastante limitada.
- Aunque reconoce la existencia de los conflictos, no tiene en cuenta todas las causas que los originan.

1.3.5. La Escuela Neoclásica

La creciente complejidad de los conceptos, interpretaciones e instrumentos empleados por las distintas escuelas llevó, como tuvimos ocasión de comentar anteriormente, a un verdadero divorcio entre los avances teóricos y la práctica administrativa, que, anclada en los antiguos esquemas y procedimientos, tiene una gran inercia en su adaptación a los citados progresos. En este contexto, no es extraño que se produzca una reacción por parte de un sector que considera la Ciencia Administrativa como fruto de la experiencia. Surge así la **Escuela Neoclásica**, que supone una prolongación de los clásicos, aunque revisando muchos de

sus postulados y adaptándose a la nueva realidad empresarial[6]. Como sus predecesores, son empíricos y normativos, lo que les lleva a establecer «principios» extraídos de la experiencia vivida, dándose además gran coincidencia en cuanto al sistema de valores y al nivel de análisis; son fundamentalmente pragmáticos. En base a ello, *identifican la empresa por los siguientes rasgos* (Kliksberg, 1978):

- *Formalismo en su estructura*, debiéndose evitar las desviaciones respecto a su óptimo (al servicio de este objetivo ponen los principios de unidad de mando y ámbito de control).
- *Visión mecanicista del hombre*, que debe limitarse a cumplir con su cometido, prefijado en la estructura (de ahí la importancia de los principios de autoridad y responsabilidad).
- Concepción de la *organización* como *sistema cerrado*.

Indudablemente, este movimiento ha contribuido a difundir algunas nociones útiles, originales o readaptadas, tales como la dirección por objetivos, la motivación por el trabajo, la descentralización, el control por resultados, la estructura de organización por productos, etc. Hay que reconocer que ha conseguido buenos resultados en el plano de la eficacia individual y que, antes de que una empresa pueda pasar a una fase de mayor complejidad en cuanto a métodos y técnicas de gestión, ésta deberá establecer muchos de los principios e ideas básicas de este movimiento. Sin embargo, debemos ser conscientes de que la problemática de las empresas que han alcanzado un estado avanzado de desarrollo y que interactúan fuertemente con su entorno, escapan a las teorías neoclásicas. No es extraño, pues, que un autor básicamente neoclásico, como Drucker, tome conciencia de este problema y adopte posiciones en favor de métodos más avanzados como la Dinámica de Sistemas de Forrester (1972), el cual propone una visión global de la firma como sistema abierto si se quiere hacer frente con realismo a los problemas planteados.

1.3.6. La Escuela del Enfoque de Sistemas[7]

A lo largo de las páginas anteriores hemos podido percibir que *las distintas escuelas se centran en uno o varios aspectos de la realidad empresarial, pero que ninguna de ellas llega a abarcar la compleja totalidad de la misma.* Se da un consenso bastante generalizado acerca de que la concepción de la ciencia empresarial como un conjunto de disciplinas aisladas está superada. Existe una necesidad inaplazable de un planteamiento integral e interdisciplinario de todas las funciones parciales, lo cual se ha convertido en los últimos años en el centro de la atención teórica y práctica. La óptica globalizadora que permite abordar la problemática científica sobre la empresa, teniendo en cuenta tanto la interdependencia entre sus componentes como sus relaciones con el entorno, nos la brinda la **Escuela del Enfoque de Sistemas**, con la cual nos sentimos plenamente identificados. La aplicación del enfoque sistémico (ES) al estudio y resolución de los problemas empresariales, supone un avance indiscutible en el progreso del conocimiento científico sobre la firma.

[6] Puede verse Lussato (1976).
[7] Una discusión más amplia de este enfoque y de su necesidad puede verse en J. A. D. Machuca (1989a y 1989b).

Por una parte, dicho enfoque tiende puentes que acercan a los movimientos anteriores y parece realizar, en cierta forma, una síntesis de los mismos, tomando de cada uno de ellos todo aquello que se reconoce como válido. Esto reviste una gran importancia, pues es indudable la necesidad de «examinar la organización bajo los lentes de todas las aproximaciones posibles y hacer un esfuerzo interdisciplinario, programado y sistemático, para combinar todos los enfoques de investigación y sus consecuencias en una unidad sintética que explique integralmente el fenómeno» (Kliksberg, 1978). Por otro lado, el ES nos muestra que no podemos establecer correctamente un método de control o prevenir el comportamiento de un sistema como la empresa sin considerar las interdependencias claves existentes entre sus elementos, constituyendo uno de los principales méritos del citado enfoque el haber favorecido la toma de conciencia acerca de las mismas. En este sentido, Simon (Lussato, 1978), que se encuadra dentro de la Escuela de los Sistemas Sociales, reconoce que es necesario concebir las empresas como grandes sistemas dinámicos que engloban distintos tipos de interacciones entre sus elementos y que esta necesidad se hace más crítica a medida que se asciende por los niveles jerárquicos de la empresa. De esta forma, las distintas parcelas del saber empresarial (Marketing, Finanzas, Operaciones, etc.) no se consideran como separadas, sino como integradas e interconectadas en el mismo sistema.

Es algo generalmente aceptado que, en la actualidad, la investigación en Administración de empresas se caracteriza por su pluralismo de métodos. Su elección concreta depende de numerosos factores y frecuentemente se utilizan de forma combinada. Precisamente, la Escuela del Enfoque de Sistemas sigue esta línea y, para apoyar nuestra afirmación, recordaremos las palabras de uno de sus máximos exponentes, Ludwig von Bertalanffy (1976), cuando dice que la Teoría General de Sistemas tendrá que desarrollarse por interacción de procedimientos empíricos, intuitivos y deductivos.

De entre los *rasgos distintivos del ES*, cabe destacar el *poner de manifiesto que, cuando atacamos* problemas relacionados con *la complejidad organizada*, en la que se dan interacciones entre muchas variables, *las teorías y enfoques tradicionales no son suficientes* para resolverlos, ya que la empresa de nuestros días se caracteriza, entre otros, por los siguientes factores (J. A. D. Machuca, 1993):

- Los distintos *elementos* están *interconectados* entre sí *por relaciones causales*, frecuentemente *fuertes y no lineales*, muchas de las cuales se cierran formando *bucles de realimentación*.
- Existen *retrasos e inercia* en los flujos de materia e información.
- Los *objetivos* empresariales son *múltiples* y, frecuentemente, *en conflicto*.
- Se da una constante *interacción con un entorno cambiante*, lo cual exige una adaptación continua.
- El *comportamiento de la empresa es provocado por la estructura interna* (formada por los bucles realimentados) y por la interacción con *el entorno*.

Todos estos factores son tenidos en cuenta en una concepción sistémica de la firma. En este contexto, el **enfoque analítico** clásico no es suficiente, pues supone (J. A. D. Machuca, 1993):

- *Descomponer en partes elementales*, lo cual provoca la no consideración de muchas interacciones *y* la *pérdida de percepción del conjunto*, aspectos básicos para comprender el comportamiento empresarial.

- Trabajar frecuentemente con *hipótesis* de relaciones *causa-efecto unidireccionales y lineales*, lo que implica *perder de vista los bucles de realimentación*, así como otros factores vitales para comprender el funcionamiento empresarial.
- *Suponer que la suma de los comportamientos de las partes estudiadas indicará el comportamiento del conjunto*, lo cual es absolutamente falso, dada la sinergia provocada por las interacciones.
- *Prever el futuro a partir de estadísticas de los comportamientos pasados*, lo cual, por una parte, es dudoso en un contexto de cambio y, por otra, suele implicar el decidir en base a los efectos/síntomas y no a las causas.
- Considerar con frecuencia el *sistema empresa como cerrado*, lo cual es falso en presencia de un entorno influyente y cambiante.

1.4. LA EMPRESA COMO SISTEMA ABIERTO: UN ENFOQUE FUNCIONAL

Lo anteriormente expuesto nos lleva a defender el Enfoque de Sistemas para observar la realidad empresarial y para atacar la resolución de su compleja problemática. Según este enfoque, *se concibe la empresa como un sistema complejo y abierto, en el que los distintos subsistemas y elementos están convenientemente interrelacionados y organizados, formando un todo unitario y desarrollando una serie de funciones que pretenden la consecución de los objetivos globales de la firma. Toda esta actividad se lleva a cabo en permanente interacción con el entorno, con el que intercambia materia, energía e información, que son utilizadas para el mantenimiento de su organización contra la degradación que ejerce el tiempo* (J. A. D. Machuca, 1981).

Aunque coincidiendo en lo fundamental, existen diversas tendencias en lo que se refiere a la concepción sistémica de la empresa[8]. Nosotros hemos optado aquí por un enfoque funcional, según el cual, los distintos elementos se agrupan en subsistemas homogéneos de acuerdo con el tipo de función desarrollada. De acuerdo con ello, podemos distinguir:

- Subsistemas relativos a las **funciones básicas:**
  - **Operaciones.**
  - **Inversión/Financiación.**
  - **Comercial.**
- Subsistema de **Dirección** y **Gestión**, que penetra en los anteriores a nivel estratégico, táctico y operativo.
- Subsistema de **Recursos Humanos**, que proporciona personal al sistema total.
- Subsistema de **Información**, verdadero tejido nervioso que relaciona las distintas áreas empresariales entre sí y con el entorno, posibilitando la dirección y gestión empresarial.

Esta óptica, en la que cada subsistema engloba un área específica, tiene la ventaja de su sencillez de comprensión, dado que responde claramente a la realidad. Por otra parte, desde el punto de vista pedagógico, no supone una ruptura brusca con la forma tradicional en que se subdividen las distintas materias que integran los estudios de Administración de Empresas; ello permite la adaptación de los métodos de investigación utilizados en la actualidad a las nuevas tendencias de concepción de la empresa como sistema.

[8] Véase, por ejemplo, Johnson y otros (1966), J. W. Forrester (1972), Melèse (1968, 1972, 1979).

De acuerdo con lo anterior, la empresa podría ser representada como se indica en la Figura 1.2. En ella, el subsistema de información aparece en forma de flechas discontinuas entre los distintos subsistemas y entre éstos y el entorno. En cuanto al funcionamiento del conjunto, lo describiremos someramente a continuación, comenzando por lo que constituye el «cerebro» del sistema: el Subsistema de Dirección y Gestión.

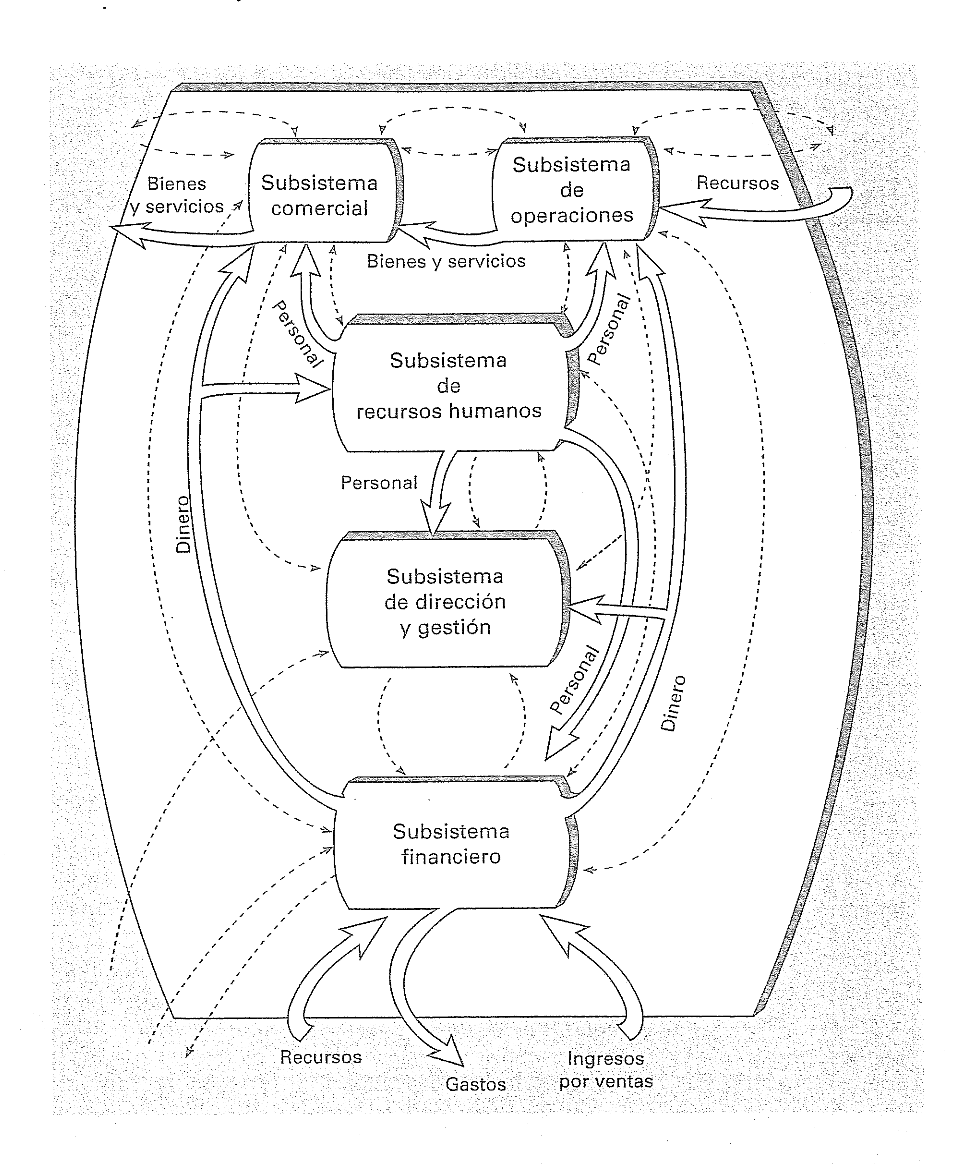


Figura 1.2. La empresa como sistema[9].

[9] Las flechas discontinuas representan flujos de información, y las flechas dobles flujo de distintos tipos de recurso (dinero, personas, materiales, etc.), tanto en ésta como en las siguientes figuras.

1.4.1. El Subsistema de Dirección y Gestión

El proceso de dirección y gestión (véase Figura 1.3) debe comenzar por una *formulación clara de los fines y objetivos a largo plazo* de la empresa. Para cada uno de los objetivos, o al menos para los principales (rentabilidad, crecimiento, flexibilidad, etc.), será necesario tener en cuenta las distintas restricciones que pueden influir en la consecución de la misma, como, por ejemplo, las procedentes del mercado, de la estructura financiera, de los costes, etc., y, con dicha información, definir las *evoluciones deseadas* para cada uno de ellos a *largo plazo*, E_{Di}.

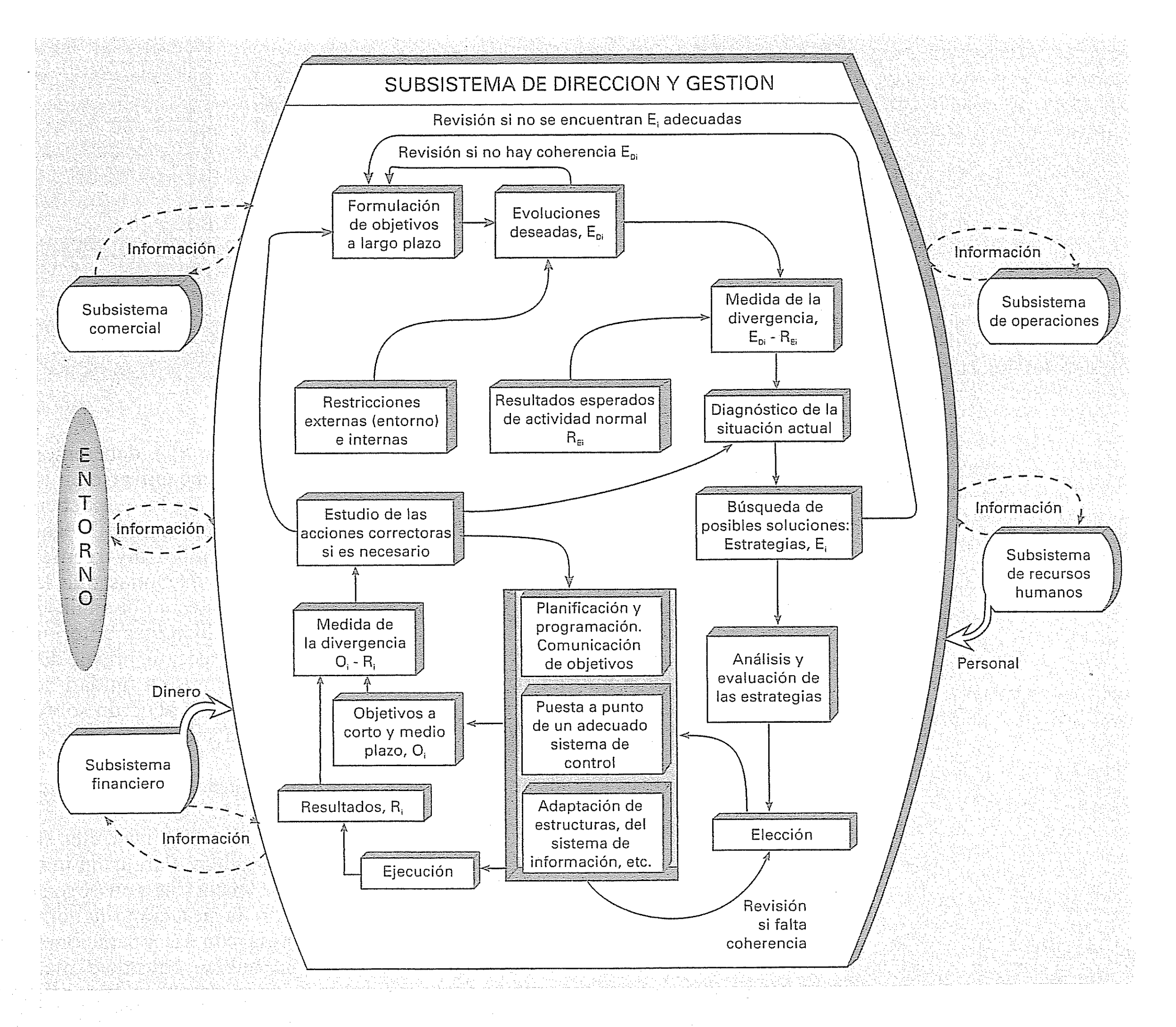


Figura 1.3. El subsistema de dirección y gestión.

Suponiendo que el entorno fue tenido en cuenta en la etapa anterior, el próximo paso va a consistir en *determinar la diferencia existente entre las mencionadas evoluciones deseadas, E_{Di}, y los resultados que pueden esperarse, R_{Ei}*, para el mismo período de tiempo (basada en una actividad considerada normal y que se define tomando como referencia el pasado). La Figura 1.4 muestra la representación gráfica, ya clásica, de esta divergencia, para un objetivo dado.

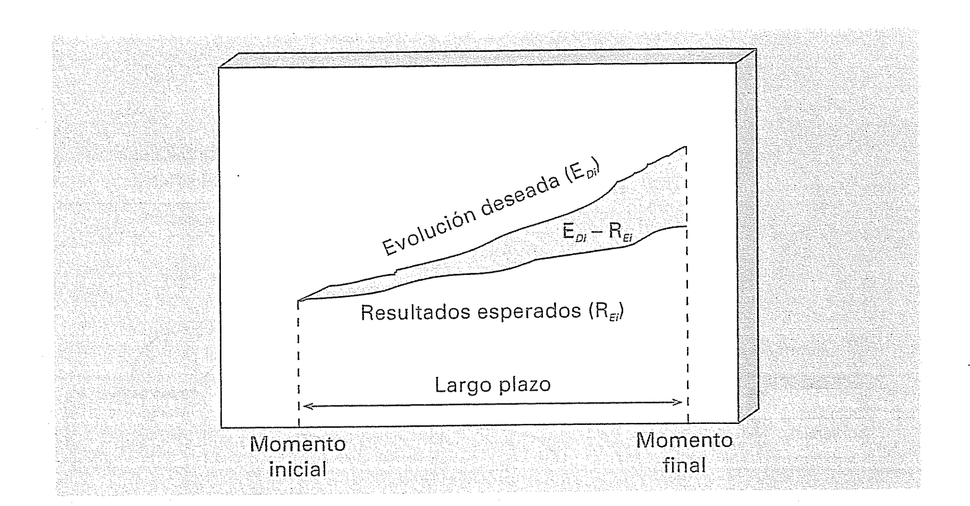


Figura 1.4. Divergencia entre evolución deseada y resultados esperados.

Detectada la existencia de una o más discrepancias ($E_{Di} - R_{Ei}$), deberemos esforzarnos para reducirlas en lo posible. Como paso previo, debe entrarse en la fase que podría denominarse **diagnóstico de la situación actual**, en la que deben detectarse las fuerzas y debilidades de la empresa en el momento presente. Llegados a este punto es necesario recalcar que pueden darse opiniones divergentes respecto a la situación actual de la empresa por parte de las personas que la estudian. La mayor parte de las veces esto no es debido a errores en el análisis, sino al empleo de diferentes percepciones de la realidad y de diferentes criterios para enjuiciarla. Es esencial, por tanto, un acuerdo para la elección previa del conjunto de criterios a utilizar, pues, el hecho de referirse a la misma unidad de medida y de perseguir la misma meta son factores importantes. Un acuerdo sobre el diagnóstico es una condición previa indispensable a toda reflexión sobre el futuro de la empresa.

Este y otros análisis facilitarán la **búsqueda de posibles soluciones estratégicas**, E_i, al problema planteado. A continuación, y teniendo en cuenta los recursos actuales y potenciales de la empresa, sus fuerzas y debilidades, sus objetivos, etc., se realizará el **análisis y evaluación de las distintas estrategias posibles**. Para cada una de ellas se estudiarán las posibles reacciones de la competencia, las consecuencias que su aceptación tendrían sobre la organización, sobre la situación financiera de la empresa, sobre los productos actuales, la sinergia con las operaciones existentes, etc. Por último, se elegirá aquella estrategia que se considere más adecuada.

Naturalmente, la reflexión estratégica no puede detenerse aquí, pues de nada serviría todo lo anterior si no se **concretaran para el medio y corto plazo las soluciones elegidas**. Con ello, el proceso de dirección y gestión se inserta a nivel táctico y operativo en el resto de los subsistemas, que deberán desarrollar su actividad basados en las estrategias globales de la empresa anteriormente definidas. Esto puede dar lugar a una **adaptación de las estructuras, de los circuitos de información, de los sistemas de control**, etc. Será necesario **realizar una planificación y una programación** que permitan la realización de la estrategia elegida. Los **objetivos a medio y corto plazo** deberán ser **comunicados** a las personas concernidas, así como los procedimientos, normas de calidad, plazos, etc., que servirán de base al control de los resultados, de forma que quede garantizada la comprensión de las mismas. Esto último reviste una especial importancia, pues el éxito de una decisión estratégica depende en gran parte de la calidad de las informaciones que son transmitidas a las personas implicadas en su realización. En la fase de control se medirán las *divergencias entre las previsiones y los resultados*, estudiándose, en caso necesario, las *acciones correctoras* necesarias para eliminarlas, pudiendo llegarse incluso a la reformulación de los objetivos y de las estrategias, con lo que se cierra el bucle que comenzó en la primera etapa.

1.4.2. El Subsistema Comercial

La actividad del subsistema comercial se desarrolla en **dos vertientes** principales (véase Figura 1.5). Por una parte, detectar las necesidades de los consumidores y, a partir de ellas, decidir los bienes y servicios que deben satisfacerlas, así como realizar la previsión de ventas correspondientes. Ambos aspectos, abordados en la **investigación comercial**, son una información trascendental para los restantes subsistemas. Por otra parte, debe hacer que los bienes y servicios producidos sean vendidos y que se genere una *cifra de ventas adecuada en relación con los objetivos generales de la empresa*, definidos en el subsistema de dirección y gestión. Aunque hay una serie de factores que inciden en las ventas y sobre los cuales la empresa no puede influir (variables económicas, demográficas, etc.), existe otro grupo de *variables* que sí son *controlables* y que tienen una gran repercusión sobre los clientes potenciales. Nos referimos fundamentalmente al producto, al precio, a la promoción (fuerza de ventas y publicidad) y a la distribución de bienes y servicios, cuyo conjunto, denominado **marketing-mix** (véase J. A. D. Machuca, 1981), representa la acción que la firma ejerce sobre el mercado para provocar el acto de compra. La *determinación de sus características, así como de los recursos a asignar* para cada una de las mencionadas variables constituye lógicamente, un problema de crucial importancia.

La Figura 1.5 representa, en forma simplificada, los aspectos anteriormente mencionados.

1.4.3. El Subsistema de Operaciones

Su misión es la obtención de los bienes y servicios que deberán satisfacer las necesidades detectadas por el subsistema comercial y/o las generadas por el departamento de investigación y desarrollo (véase Figura 1.6). Dicha misión es común a las empresas fabriles y a las de servicios, dándose en ambas un proceso

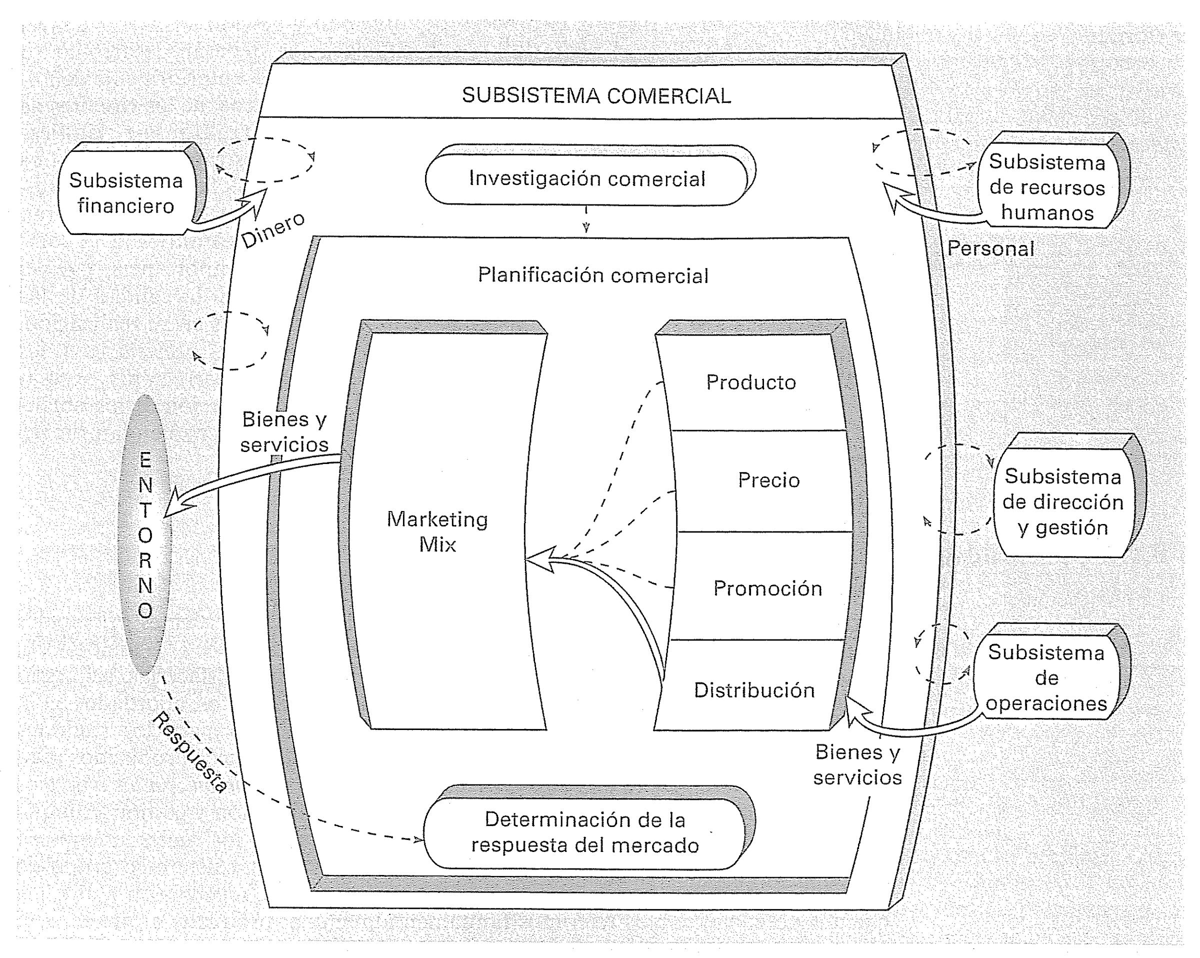


Figura 1.5. El subsistema comercial.

de conversión (producción) de inputs (recursos) en outputs (bienes o/y servicios) de acuerdo con los objetivos empresariales.

El proceso de dirección y gestión de operaciones comienza definiendo los **objetivos a largo plazo,** acordes con los globales de la empresa, y diseñando **estrategias** coherentes con los mismos (véase Capítulo 3). Estos objetivos y estrategias deben presidir el **diseño del subsistema** (véase Apartado 2.6.3 y Parte II), proceso en el cual se deciden inversiones en estructura, teniendo gran importancia los criterios tecnológicos, económico-financieros, así como otros menos cuantificables.

Llegados a este punto, se dispone de un marco de referencia que indica las metas a conseguir a largo plazo, cómo y con qué medios. A partir de éste, hay que descender al medio y corto plazo a través de distintas actividades interrelacionadas (J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 1):

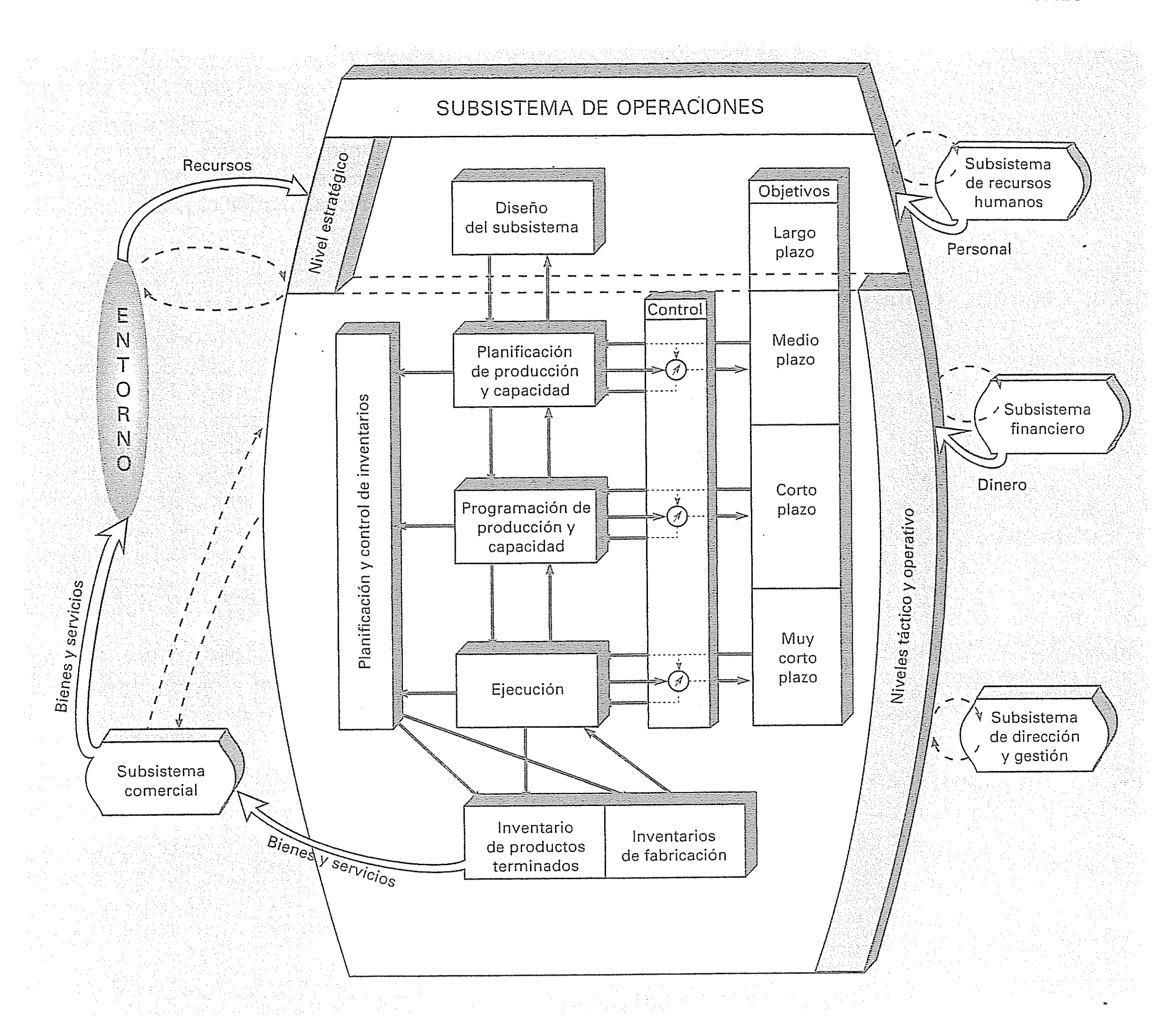


Figura 1.6. El subsistema de operaciones (caso de empresa fabril).

- Concretando los objetivos.
- Determinando las cantidades de productos y servicios a elaborar, así como los correspondientes momentos de tiempo (**planificación**).
- Decidiendo qué subconjuntos y componentes hay que producir o adquirir, y en qué fechas, para satisfacer el plan elaborado para los productos (**programación**).
- Viendo qué actividades deberán desarrollar las distintas unidades productivas, y en qué momento, para cumplir lo previsto en la fase anterior (**programación a muy corto plazo**).
- Considerando en todos los niveles la **problemática de la capacidad**, de forma que se elaboren planes y programas factibles.

- Teniendo en cuenta las **necesidades de materiales**, tanto de productos terminados para los clientes como de componentes y materias primas para fabricación (planificación, gestión y control de inventarios).

Tras las mencionadas fases de planificación, programación y control, se pasará a la **ejecución** y al desarrollo de los **controles** necesarios, los cuales facilitarán la detección y corrección de posibles desviaciones respecto a los objetivos marcados (fechas, cantidad, calidad, etc.).

1.4.4. El Subsistema de Inversión/Financiación

Las actividades anteriormente mencionadas requieren una serie de inversiones, tanto en activo fijo (instalaciones, equipos, etc.), como en activo circulante (mano de obra, materias primas, etc.). La **selección** de dichas **inversiones** de acuerdo con unos determinados objetivos de rentabilidad, constituye una de las facetas del subsistema objeto de estudio y generará la **estructura del activo**. Lógicamente, dichas inversiones implicarán una necesidad de recursos financieros que proceden, por una parte, de la **autofinanciación** empresarial (amortización y reservas) y, por otra, de la **financiación externa** (acciones, obligaciones y créditos). La **determinación de la adecuada proporción** de cada uno de los citados componentes, teniendo en cuenta, entre otros factores, el coste de cada uno de ellos, dará lugar a la **estructura del pasivo**.

Los dos aspectos mencionados están claramente interrelacionados y, a su vez, dependen de la información suministrada por el resto de los subsistemas empresariales. La Figura 1.7 representa las actividades mencionadas.

1.4.5. El Subsistema de Recursos Humanos[10]

Este subsistema es conformado por el conjunto de individuos que componen una organización. A través de su pilotaje se trata, por una parte, de procurar los recursos humanos que necesita la empresa, tanto en términos de cantidad como de calidad y, por otra, incidir en la conducta de las personas orientándola hacia la consecución de los objetivos generales de la firma.

Dos rasgos diferenciadores de este subsistema son el de su extensión, al estar presente en toda la organización, y el de la peculiaridad del recurso del que se ocupa: capacidad de innovación, creatividad y polivalencia. En definitiva, todas las funciones que se desarrollan en los otros subsistemas de la organización son dirigidas y ejecutadas por personas; por tanto, dicho subsistema no debe identificarse exclusivamente con los órganos o departamentos de recursos humanos.

Para intervenir sobre este subsistema (véase Figura 1.8) se utilizan los **procesos de gestión de recursos humanos**. Estos actúan sobre las entradas (*inputs*) del mismo y sobre los procesos de transformación que en él se producen, de forma que se alcancen los outputs (conductas/resultados) deseados. En dichos procesos es posible distinguir entre **procesos básicos**, formados por el análisis de puestos de trabajo y la planificación de personal, **procesos de integración** (reclutamiento,

[10] Texto elaborado por Ramón Valle Cabrera (Universidad de Cádiz).

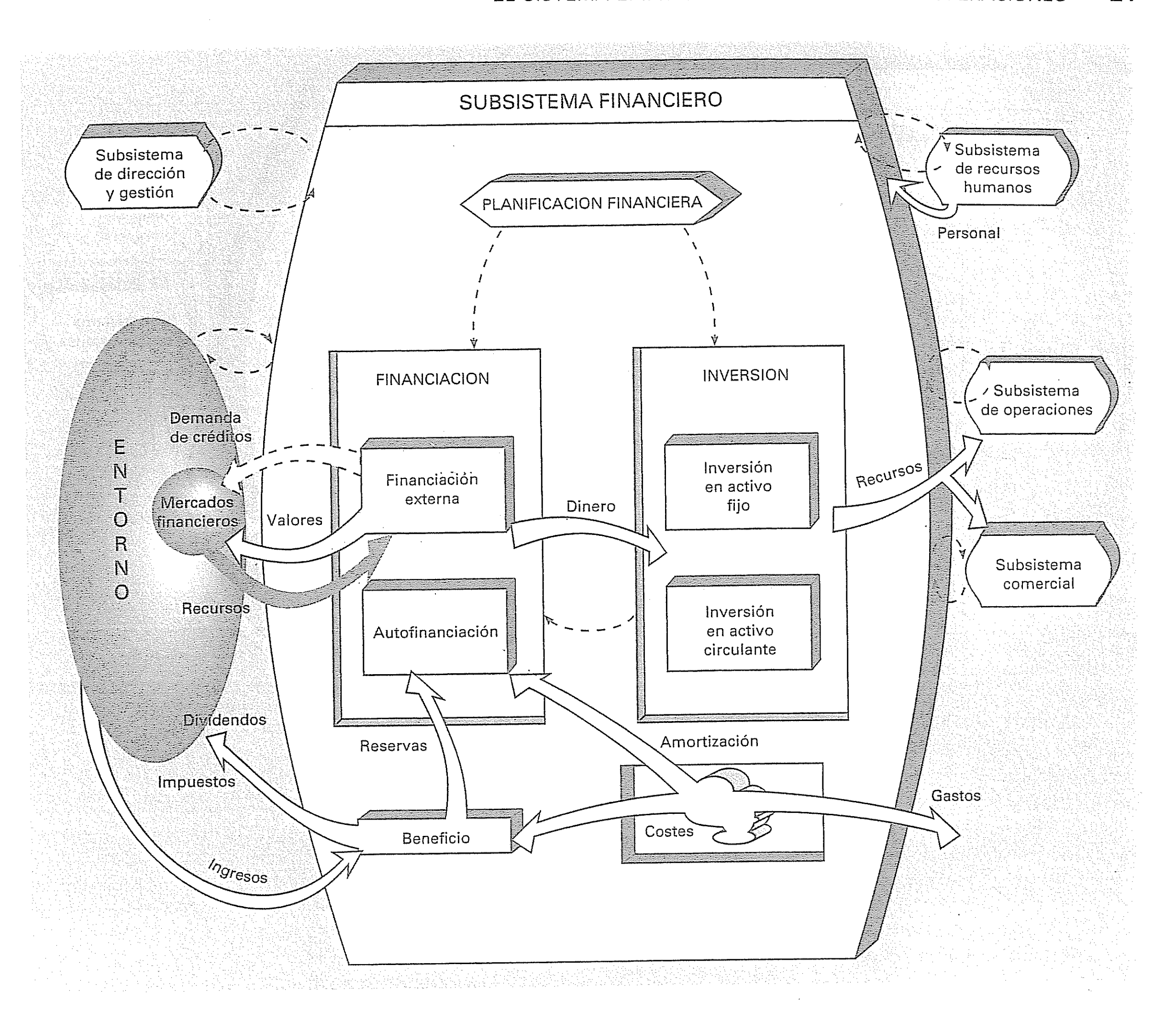


Figura 1.7. El subsistema de inversión/financiación.

selección y socialización del personal), **procesos de desarrollo** (promoción y formación), **procesos de evaluación** del personal y, por último, los **procesos de compensación** (valoración de puestos y retribuciones de los individuos). El control que se efectúa sobre los resultados/conductas, revelará si la orientación de las acciones emprendidas es o no correcta, tomándose, en su caso, las medidas correctoras necesarias. Junto a los procesos mencionados, que configurarían el contenido básico de la gestión de este subsistema, sería necesario también tomar en consideración, por su incidencia sobre las actitudes de las personas, otras variables como son la motivación, los estilos de dirección y el diseño de los puestos y los grupos de trabajo. La interacción con el resto de los subsistemas en todas las actividades mencionadas resulta evidente.

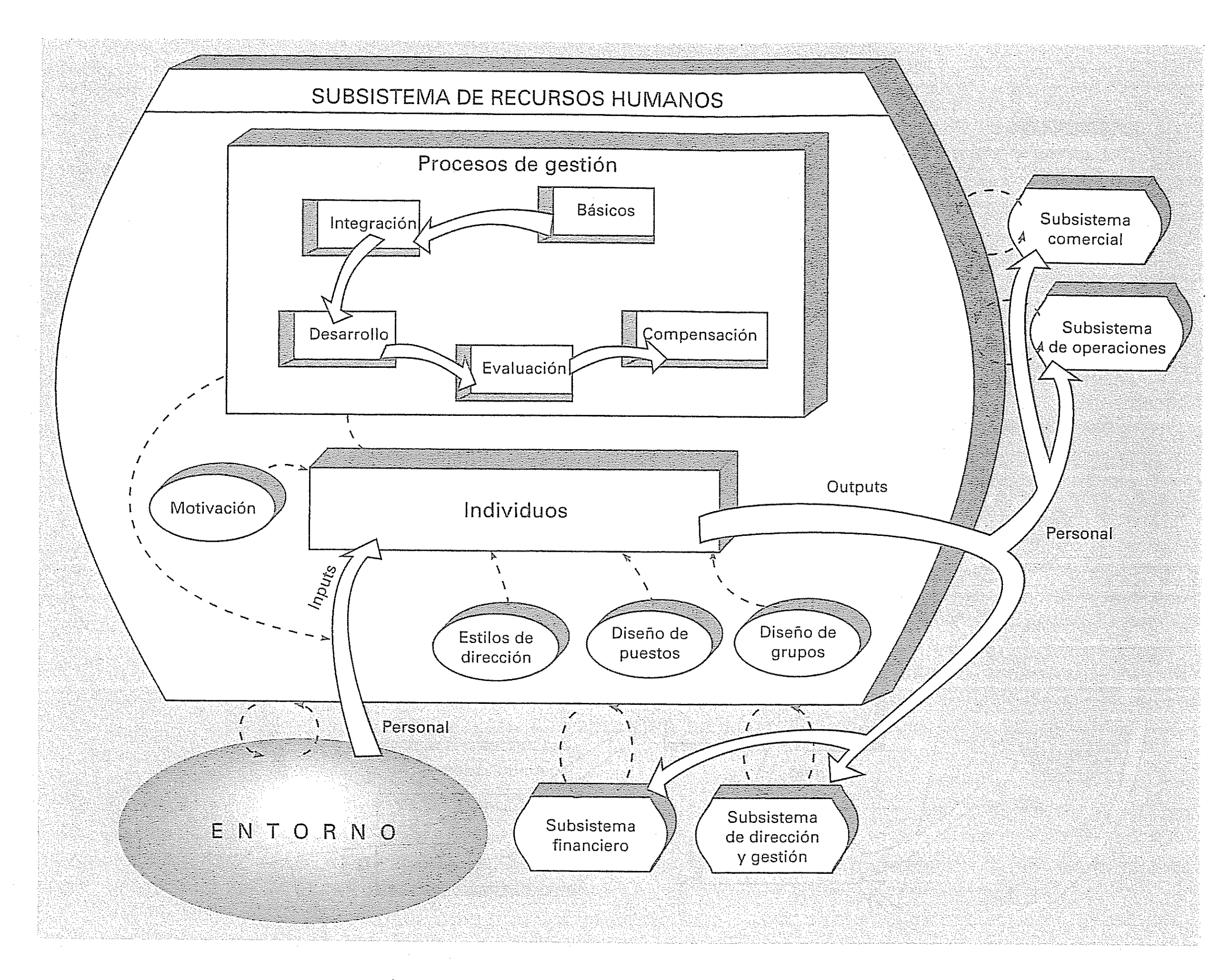


Figura 1.8. El subsistema de recursos humanos.

1.4.6. El Subsistema de Información

Para llevar a cabo la dirección y gestión en los distintos subsistemas, así como para desarrollar el conjunto de sus funciones, se necesita disponer de la información adecuada en el momento oportuno. El subsistema de información capta los datos necesarios para el funcionamiento de la firma y los transforma en información utilizable por los distintos niveles de la organización; dichos datos, convenientemente actualizados, no sólo proceden de la actividad de la propia empresa, sino del medio en que ésta se desenvuelve, lo cual es esencial para la supervivencia y el desarrollo de la empresa. Las flechas discontinuas en las figuras anteriores representan en cierta forma al subsistema informativo, auténtico tejido nervioso que facilita la correcta planificación, programación, ejecución y control de las

diversas actividades. El funcionamiento de este subsistema podría resumirse en (Firmin y Linn, 1968):

- Percepción o recogida de datos internos y externos.
- Registro y almacenamiento de los mismos.
- Recuperación de los datos almacenados.
- Procesamiento o transformación de aquéllos en función de las necesidades.
- Transmisión de los flujos de información en el seno de la empresa y hacia el exterior.
- Presentación de la información requerida.

El desarrollo de la informática ha supuesto una indudable y notable mejora en la gestión, pues ha permitido realizar las fases anteriormente expuestas para una ingente cantidad de datos, a una velocidad y con una precisión impensables antes de la aparición del ordenador. Ello ha significado avanzar a pasos de gigante hacia los sistemas de gestión integrada, cada vez menos utópicos (véase Parte III).

1.5. CONSIDERACIONES FINALES

Tradicionalmente, el estudio de la Dirección y Administración de empresas viene haciéndose desde un enfoque analítico y clásico, según el cual aquéllas estarían integradas por un conjunto yuxtapuesto de departamentos, responsables de una serie de funciones, los cuales son considerados de forma aislada e independiente. De esta manera, lo más importante, el funcionamiento global de la firma, suele ser olvidado o infravalorado por los responsables departamentales que, preocupados únicamente por sus metas parciales, entran en conflicto entre sí, en detrimento de la consecución de los objetivos globales de la compañía, a los cuales deben supeditarse todos los demás.

Con este capítulo se ha perseguido, fundamentalmente, resaltar la importancia de las consideraciones anteriores e insistir sobre los riesgos que conlleva una visión estrecha y parcial de los problemas de la firma. Para ello hemos ido de lo general a lo particular, del sistema más amplio al más concreto, contemplando de forma resumida las principales funciones de las distintas áreas empresariales y, entre ellas, las del Subsistema de Operaciones. La problemática de este último es el objeto de la presente obra[11]; a una visión actual de la misma dedicaremos el próximo capítulo.

[11] Integrada por el presente libro y por el que se dedica a los aspectos tácticos y operativos (J. A. D. Machuca y otros, 1994).

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

BERTALANFFY, L.: «Teoría general de sistemas», Fondo de Cultura Económica, 1976.
BONDER: «Future of operations research», *Op. Research*, vol. 27, n.° 2, 1979.
CYERT y MARCH: «Teoría de las decisiones económicas en la empresa», Herrero Hermanos, 1965.
DRUCKER, P. F.: «Potentials of management science», *Harvard Business Review*, vol. 37, n.° 1, 1959.
FIRMIN, P. A., y LINN, J. J.: «Information systems and managerial accounting», *The Accounting Review*, enero 1968.
FORRESTER: «Dinámica industrial», El Ateneo, 1972.
FRIEDMAN, G.: «Problemas humanos del maquinismo industrial», Sudamericana, 1956.
GEORGE, C.: «Historia del pensamiento administrativo», Prentice Hall International, 1973.
JOHNSON, KAST, y ROSENZWEIG: «Teoría, integración y administración de sistemas», Limusa, 1966.
KLIKSBERG: «El pensamiento administrativo» (tomos I y II). Paidós, 1978.
KOONTZ, H., y O'DONNELL, C.: «Curso de administración moderna», McGraw-Hill, 1973.
LUSSATO: «Introducción crítica a los sistemas de organización», Tecnibán, 1976.
MACHUCA, J. A. D.: «La determinación del marketing-mix: problemática y distintos enfoques», *CUPEMA*, n.os 3-4, 1981.
MACHUCA, J. A. D.: «Memoria sobre el concepto, método, fuentes y programas de la economía de la empresa», 1981.
MACHUCA, J. A. D.: «La complejidad actual en la dirección de empresas: una llamada de atención», *Alta Dirección*, n.° 146, 1989a.
MACHUCA, J. A. D.: «La necesidad de una óptica global en la dirección de empresas. Enfoque e instrumentos», *Alta Dirección*, n.° 147, 1989b.
MACHUCA, J. A. D.: «La empresa a la luz del enfoque de sistemas», *ESIC MARKET*, n.° 65, 1989c.
MACHUCA, J. A. D.; MACHUCA, M. A. D.; RUIZ, A., y RUIZ, J. C.: «Los juegos de *caja transparente* como nueva vía para la formación en dirección de empresas», *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 2, n.° 1, abril 1993.
MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; MACHUCA, M. A. D.; RUIZ, A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1994.
MCGUIRE, J.: «La conducta empresarial», Hobb, 1965.
MARCH y SIMON: «Teoría de la organización», Ariel, 1969.
MELÈSE, J.: «La gestion par les systèmes», Hommes et Techniques, 1968.
MELÈSE, J.: «L'analyse modulaire de systèmes», Hommes et Techniques, 1972.
MELÈSE, J.: «Approche systémique des organisations», Hommes et Techniques, 1979.
MORRIES, W. T.: «La ciencia de la dirección de empresas en acción», Herrero Hermanos, 1966.
NIETO DE ALBA: «Teoría de sistemas en economía de empresa», *Estudios Económicos*, n.° 84, 1971.
PFIFFNER y SHERWOOD: «Organización administrativa», Herrero Hermanos, 1963.
RENAU, J. J.: «Administración de empresas. Una visión actual», Pirámide, 1985.
ROSNAY, J.: «Le macroscope», Du Seuil, 1975.
SIMON, H. A.: «El comportamiento administrativo», Aguilar, 1972.
SIMON, H. A.: «Management y corporaciones en 1985» (citado por Lussato, 1976).
SWANN, M.: «The Blackett memorial lecture», *JORS*, 1979.
SIZER: «An insight into management accounting», Pinguin Books, 1980.
SKINNER: «Manufacturing in the corporate strategy», John Wiley and Sons, 1978.
VINCENT, A.: «La mesure de la productivité», Dunod, 1968.
WILD: «Concept for operations management», John Wiley and Sons, 1977.



LA PROBLEMATICA DE LA DIRECCION DE OPERACIONES

2.1. INTRODUCCION: UN CAMBIO DE ACTITUD SOBRE LA FUNCION DE OPERACIONES

Tradicionalmente se ha venido contemplando la Dirección y Gestión de la Producción (hoy Dirección de Operaciones), bien bajo un punto de vista muy técnico, o bien, especialmente a nivel académico, con un enfoque optimizador dominado por la Investigación Operativa. Solía imperar un enfoque analítico que, desgraciadamente, aún se encuentra con demasiada frecuencia, e incluso una insuficiente consideración de sistema abierto para el área productiva, a la cual, por otra parte, la Dirección no dedicaba especial interés. Si bien estos planteamientos pudieron mantenerse en una cierta etapa histórica, hace ya bastantes años que dicha concepción es insostenible, siendo necesario un cambio radical de orientación. Son numerosos los temas y las técnicas que fueron considerados esenciales y que hoy han pasado, o deben pasar, a un discreto segundo plano (véase Apartado 2.6.3). Por otra parte, es necesario resaltar que, *aunque los métodos e instrumentos puedan ser importantes para mejorar la Dirección de Operaciones, éstos son un medio y no un fin en sí mismos.*

Desgraciadamente, durante los años 60 (e incluso los 70) pocos directivos y empresas occidentales se dieron cuenta de la importancia que puede tener el área productiva y las decisiones que en ella se toman. Pocos pensaron en utilizarla como instrumento competitivo, a pesar de que, como la realidad ha demostrado posteriormente, dicha función representa una de las bases más sólidas para obtener una ventaja competitiva sostenida. También se ha comprobado, con consecuencias fatales para muchas firmas, que cuando la Dirección de Operaciones es inadecuada y limita las posibles opciones estratégicas, puede arrastrar al fracaso empresarial; no en vano, especialmente (pero no únicamente) en las empresas fabriles, el área productiva absorbe la parte más importante de los costes e inversiones. Como ya apuntaba Skinner en 1969, la Función de Operaciones es un arma competitiva o un lastre empresarial, pero raras veces es neutral. En una mayoría de empresas el desarrollo estratégico se ha basado (y en muchas aún se basa) en aspectos relacionados con el área de Marketing, sin introducir a la Función de Operaciones en el debate estratégico, pues se la consideraba básicamente operativa. Se suponía que dicha función podría seguir, sin necesidad de cambios significativos, los distintos caminos marcados por la Estrategia Corporativa así diseñada. El consiguiente fracaso empresarial o la pérdida de posiciones competitivas ha marcado, por desgracia demasiado frecuentemente, el error de dicho enfoque.

Hemos visto cómo, en la mayor parte de las empresas occidentales, se había asumido un sistema productivo problemático en el que se mantenía un nivel aceptable de calidad (o más bien de mala calidad), existía una falta de cooperación por parte de la fuerza de trabajo, faltaba una adecuada planificación y programación de operaciones, la producción se terminaba con retraso, etc. El personal de inspección y coordinación creció hasta la saciedad, llegando a la proporción de tres o cuatro personas de staff por una productiva (Hayes y otros, 1988, pág. 17). En dicho contexto, era necesario trabajar con un enorme volumen de inventarios que intentaba paliar los problemas mencionados, así como dedicar una gran cantidad de tiempo a la aceleración de las órdenes de trabajo retrasadas. A nivel académico, la tónica ha venido siendo análoga y aparecían como temas capitales la gestión de aquellos inventarios que parecían indispensables o los métodos de optimización, con restricciones asumidas como inevitables. No es extraño, pues, que la Función de Operaciones despertase tan poco interés entre los directivos y entre los profesores y estudiantes de Dirección de Empresas que, por otra parte, en nuestro país (salvo muy contadas excepciones) no tenían dicha materia en su plan de estudios.

¿Qué ha ocurrido entre tanto para que, a mediados de los 80, una comisión sobre competitividad, especialmente delegada por el presidente Reagan en Estados Unidos para estudiar los problemas de productividad del país concluyera, por una parte, que las empresas americanas no eran competitivas porque fracasaban en el área productiva y, por otra, que las escuelas de negocios de todo el país debían acometer seriamente el desafío internacional y contemplar en sus cursos: las estrategias productivas, su trasvase a los niveles tácticos de los mandos intermedios y de aquí a los niveles operativos de los cuadros de menor nivel (President's Commission, 1984)?

¿Qué ha sucedido para que, desde finales de los 70 y, fundamentalmente, durante la década de los 80, surja un fuerte movimiento denominado «vuelta a la base» (*back to the basis*), que propugna retornar a la consideración de la Dirección y Gestión de Operaciones como un elemento competitivo clave para las empresas ante el futuro[1]?

¿Qué ha pasado para que, en una reciente encuesta realizada en nuestro país[2], un 22 por 100 de los estudiantes universitarios consideren el área de producción como su preferida para un futuro profesional (sólo un punto por debajo del área financiera (23 por 100) y nueve por encima del área comercial (13 por 100))? ¿Y para que, igualmente, crezca el interés de los estudiantes norteamericanos por ejercer su profesión en el área de operaciones (Schroeder, 1993, pág. 10)?

Hace ya casi 30 años, algunas firmas japonesas reconocieron el papel crítico de la Dirección de Operaciones en la consecución de sus objetivos. Por desgracia, hizo falta una fuerte sacudida a nivel mundial para que al fin despertaran de su letargo las empresas occidentales y se produjese un cambio radical en el estado de opinión sobre la Función de Producción. El revulsivo vino de la mano de la creciente e imparable internacionalización de la economía, la cual ha llevado a un nivel de competencia desconocido en el pasado. En dicho contexto, uno de los factores cruciales lo constituyó la penetración japonesa en los mercados occidentales, que invadió áreas tradicionalmente dominadas por las empresas americanas y europeas, incluyendo la automoción, el acero, la televisión y la electrónica. La erosión provocada por la creciente competencia internacional tuvo efectos muy importantes sobre el desempleo y la balanza comercial, provocando una atención preferente en los gobiernos de los países afectados.

Coincidimos con otros muchos autores (por ejemplo, R. Hayes y otros, 1988, pág. 20) en que son muchas las empresas que han descubierto como, frecuentemente, el «arma secreta» de sus temibles competidores no estaba basada en una mayor potencia comercial o en una superior fuerza financiera, sino en la capacidad para elaborar sus productos de forma más eficiente, más fiable y más precisa. Van en aumento las que se han visto obligadas a aceptar que han descuidado la Función de Producción durante demasiado tiempo, y «su potencial, como en los músculos no utilizados, ha acabado por atrofiarse».

[1] Ya en la primera mitad de dicho período son numerosas las publicaciones que insisten en ese sentido y que proponen enfoques e instrumentos para hacer frente a una nueva era competitiva (véase, por ejemplo, Abernathy y otros (1983), Fine y Hax (1985), Hayes y Wheelwright (1984), Kantrow (1983), Skinner (1985), Jasinowski (1987), Cohen y Zysman (1987), Gooch y otros (1987), Edmonson y Wheelwright (1989), Drucker (1991)).

[2] Dicha encuesta (*Actualidad Económica*, 9-5-1994, pág. 28 y ss.) fue realizada por *Gaceta Universitaria* en 18 Universidades de los distritos de Barcelona, Granada, Galicia, Madrid y Sevilla.

2.2. SOBRE LAS CAUSAS DEL DECLIVE OCCIDENTAL

2.2.1. Diferentes actitudes ante las dificultades

Es evidente que han existido y existen factores externos que condicionan la posición competitiva de las empresas occidentales. Entre otros, pueden citarse: el impacto creado por la crisis del petróleo de 1973, la fuerte competencia que la deuda pública puede significar para la captación de recursos de los inversores, sistemas fiscales que, implícitamente, pueden favorecer el endeudamiento y el consumo más que el ahorro y la inversión, la transición hacia una era postindustrial dominada por el sector servicios, los tipos de cambio, un peso cada vez más importante de las cuestiones de responsabilidad social (por ejemplo, impacto medioambiental de las industrias, condicionamientos laborales y sindicales), etc.

Sin embargo, dichos factores no explican por sí solos el problema. Hay que ser conscientes de que la forma de actuar dentro de las empresas, el tipo y monto de sus inversiones, sus actitudes, sus sistemas de dirección y gestión, la capacitación del personal, etc., influyen de forma fundamental en los resultados obtenidos. Esta opinión va extendiéndose y, sólo cuando es completamente asumida por una empresa, ésta puede pasar a la acción y al ataque de las causas internas, abandonando la actitud pasiva y cómoda de acusar a los factores externos de todos los males que la acucian.

En sintonía con lo apuntado en el párrafo anterior, a mediados de los 80, tras haberse llevado a cabo diversas acciones correctivas a nivel macroeconómico en los Estados Unidos y no observarse síntomas de recuperación, Richard Darman, secretario del Tesoro de la Administración Reagan, acusaba a las grandes corporaciones de estar abotargadas, sentir aversión al riesgo, carecer de imaginación y no invertir suficientemente en I+D, sugiriendo que los directivos cobraban mucho por hacer muy poco (Prokesch, 1986). Tomaba peso la corriente de opinión que defendía que el problema real residía sobre todo en las actitudes de los directivos, en las capacidades y en las estrategias, especialmente en el área de producción y desarrollo tecnológico (Hayes y Abernathy, 1980). Son muchos los

autores y responsables políticos americanos que, en cierta medida, fundamentan la caída de la economía de su país en los 70 en la falta de reconocimiento de la importancia de la Función de Producción (Wight, 1981).

Otra opinión occidental, que ha permanecido vigente durante mucho tiempo, fue la de asociar el éxito de Japón a la especial idiosincrasia de sus habitantes y a las especiales relaciones que establecen con sus empresas. Estamos de nuevo ante una actitud pasiva que frena la acción empresarial y retrasa la reacción ante los problemas mencionados. Así, por ejemplo, Toyota, asociada con General Motors, se hizo cargo de la renovación de una planta que esta compañía tenía en California catalogada «en reserva». Pues bien, utilizando el mismo personal, el mismo edificio y, básicamente, la misma tecnología que había empleado G. M.; consiguieron que la productividad y el control de calidad fuesen más altos que en la planta más automatizada de G. M., obteniéndose unos costes comparables a los de Toyota en Japón. Igualmente, Honda en Ohio (EE.UU.), comparada con su empresa matriz en Japón, alcanzaba una productividad igual al 90 por 100 de la que se obtenía en esta última, producía con los mismos costes y con una calidad análoga. **La diferencia con los sistemas occidentales residía en el enfoque e instrumentos empleados para la dirección y gestión de la producción**[3]. Otro claro ejemplo de la importancia de los factores internos es el de la planta Motorola-Quasar en EE.UU. (Meredith, 1992, pág. 50). En 1977, dicha planta producía 1.000 aparatos de TV diarios con una plantilla de 1.000 empleados. Aquel año, dichas instalaciones fueron adquiridas por la empresa japonesa Matsushita. Dos años más tarde había disminuido en un 50 por 100 el personal de trabajo indirecto, las reparaciones se redujeron en un 95 por 100, los gastos derivados de garantía de los productos bajaron en un 88 por 100 y la producción pasó a 2.000 aparatos diarios. *Todo ello con los mismos trabajadores.*

Vemos, pues, que las empresas japonesas, bajo los mismos condicionantes externos que sus homólogas americanas y con personal estadounidense, conseguían resultados indiscutiblemente mejores. Tampoco los factores externos podían explicar por qué las empresas competidoras podían producir con la cuarta parte de inventario en curso y con la mitad de espacio y de inversión, ni tampoco por qué eran capaces de reducir a la mitad el tiempo entre el diseño y la introducción de nuevos productos y, así, posibilitar la entrada en el mercado de un número más elevado de aquéllos (Hayes y otros, 1988, pág. 12).

Abundando en lo anterior, es significativo que Japón saliese reforzado de la crisis del petróleo de 1973, al responder al incremento de costes derivado del encarecimiento de los productos energéticos con un incremento notable en la productividad, surgido de la mejora de sus sistemas productivos (Monden, 1987). Del mismo modo, ha venido reaccionando ante las barreras proteccionistas que se le levantaban en los mercados occidentales, disminuyendo costes, incrementando la producción y adquiriendo o participando en un número creciente de plantas industriales en dichos países. Esta actitud activa y beligerante ante las dificultades es una característica que facilita la mejora de las empresas[4]; por el contrario, el mantenimiento de las mencionadas medidas proteccionistas que, aparentemente, solucionaban el problema, sólo conseguían retrasarlo y empeorarlo. Así, mientras que los competidores se fortalecían para vencerlas, muchas firmas de los países

[3] Dichos casos aparecen descritos en *Business Week* (14-7-1986 y 20-4-1987, respectivamente) y son citados por Krajewski y Ritzman (1990, pág. 14).

[4] Toyota, Honda y Nissan producen dos o tres veces más vehículos por trabajador que los que se obtienen en las plantas similares de sus competidores americanos o europeos (Drucker, 1991, pág. 3).

protegidos no sentían realmente la necesidad de mejorar su eficiencia y posponían fatalmente su reacción.

El factor básico para el triunfo en la batalla competitiva fue la inversión en dirección y gestión: *mejora de los sistemas productivos, nuevos métodos de dirección, planificación y control de operaciones, trabajo en equipo, gestión integrada y especial atención al factor humano fueron las armas fundamentales.*

2.2.2. Dos factores críticos: productividad y calidad

Durante la década de los 70, el *desfase existente entre la productividad de la mayor parte de las empresas occidentales y las firmas japonesas* era enorme. Así, mientras que para las firmas americanas dicho parámetro rondaba el 24 por 100, en Japón se llegaba al 89 por 100 (Department of Labor, 1979). Aunque la productividad fue creciendo en EE.UU. y en la Comunidad Europea durante los 80, lo hizo a un menor ritmo que en Japón (Hayes y otros, 1988). Estudios sobre las *causas de la baja productividad* concluyen que ésta tiene diversos orígenes. Por ejemplo, Meredith (1992, pág. 50) apunta: una planificación y control pobres, una mala coordinación de recursos, una baja formación de los empleados y dificultad para adecuar la capacidad a la demanda (insuficiente flexibilidad). Pero, además de lo anterior, existe una conciencia clara sobre la *importancia de la inversión en capital* sobre el crecimiento de la productividad, factor en el que también Japón ocupa una posición de liderazgo (véase Apartado 2.3.2). Ambos factores, *la capacidad de gestión y el desarrollo tecnológico, constituyen un binomio indisociable para ser competitivos en una economía globalizada.*

A pesar de la importancia de la productividad y de su repercusión sobre los costes y, por tanto, sobre el precio de los productos, no es ésta la única causa de la pérdida de mercados por parte de la economía occidental. La **calidad** ha sido otro factor determinante de las preferencias de los consumidores, hasta el punto de pasar al primer puesto de las características deseadas en el producto a adquirir. Para dar una idea del orden de magnitud de la ventaja competitiva respecto a este parámetro, diferentes tests realizados en Estados Unidos a principios de los 80 sobre la tasa de productos defectuosos en algunos artículos, tales como microchips o acondicionadores de aire (Garvin, 1983), mostraron que aquélla era alrededor de veinte veces mayor en los productos nacionales que en los japoneses. De ahí que se asociase a los productos de dicho país con la calidad en detrimento de los fabricantes estadounidenses y de que dicho parámetro se volviese un objetivo fundamental para las empresas. Con una clara conciencia de lo anterior, D. E. Peterson, presidente de Ford en 1980, decía que «las contraseñas para los 80 serían productividad y calidad» (Krajewski, 1990, pág. 10).

2.3. PROBLEMATICA ACTUAL EN LA DIRECCION DE OPERACIONES

2.3.1. Una competencia globalizada

El carácter global de la competencia que ha generado el cambio radical en la Dirección de Operaciones y en la percepción de la importancia de dicha área no sólo permanece, sino que se intensifica. Los dos grandes bloques occidentales se refuerzan y amplían, la Unión Europea admite nuevos países y EE.UU. firma el acuerdo NAFTA (*North American Free Trade Association*) con Canadá y México;

las empresas japonesas siguen su proceso de mejora continua; va creciendo la importancia de los países de la cuenca del Pacífico y aparecen en la escena nuevos países en vías de desarrollo, competitivos en ciertos sectores, gracias a unos bajos costes del factor trabajo y a la transferencia de tecnología.

En relación con la Unión Europea, a pesar de un período en el que, guiada por el objetivo de 1992, creció y se transformó, dando lugar a nueve millones de puestos de trabajo entre 1986 y 1990, lo cierto es que, si se consideran en conjunto los últimos 20 años, la visión no es muy positiva (CCE, 1993, pág. 2).

- La tasa de crecimiento potencial de nuestra economía descendió del 4 al 2,5 por 100.
- La tasa de inversión disminuyó en 5 puntos.
- Nuestra posición respecto a Japón y Estados Unidos se ha deteriorado en relación con:
  - — las cuotas de mercado en el exterior;
  - — el desarrollo de nuevos productos;
  - — la investigación, desarrollo e innovación y su traducción en oferta inmediata;
  - — el empleo (lo cual es lógico si pensamos en lo dicho anteriormente[5]).

A medida que se intensifica el carácter global de la competencia, ésta se hace más intensa y el éxito más difícil. Sólo con una interdependencia controlada podrán conseguirse resultados positivos para todos, por lo que los acuerdos internacionales entre los distintos países tienen una importancia crítica. Por primera vez (1993), las negociaciones del GATT (*General Agreement on Tarifs and Trade*) en la Ronda Uruguay estuvieron bajo el signo de un acuerdo global entre países industrializados y países en vías de desarrollo. Una parte vital de las negociaciones, a la cual la UE concedía gran importancia, era la transformación del GATT en una organización multilateral de comercio que garantizase un desarrollo sostenible y armónico de los intercambios internacionales en contra de cualquier hegemonismo (CCE, 1993, pág. 8). Dichos cambios ya han sido aprobados.

A esto se une la indudable mejora en los medios de transporte y comunicación, que facilitan los intercambios, y el incremento del potencial de ciertos mercados, tales como el asiático y el de Europa del Este, que, en conjunto, suponen cientos de millones de consumidores.

El afianzamiento de los bloques hace más fácil el comercio en dichas regiones y dificulta la penetración de competidores externos. Ello lleva a las empresas a ejercer su actividad, no sólo en su país de origen, sino en otros estados. Pucik y otros (1989), distinguen cinco etapas en dicho camino en un estudio que, aunque basado en las empresas estadounidenses cuya propiedad es japonesa, puede generalizarse a otros casos. Dichas fases son:

- **Exportación**, en la que una firma vende en países distintos al suyo.
- **Localización**, en la que la compañía comienza a producir en distintos países.
- **Internacionalización**, que implica conectar en el extranjero diferentes unidades cercanas.
- **Multinacionalización**, con la que comienza la descentralización y las empresas subsidiarias son responsables de decisiones importantes.

[5] En relación con este factor, la creación de empleo en la UE fue por debajo del aumento de la población activa, mientras que en EE.UU. y Japón se mantuvo un paralelismo.

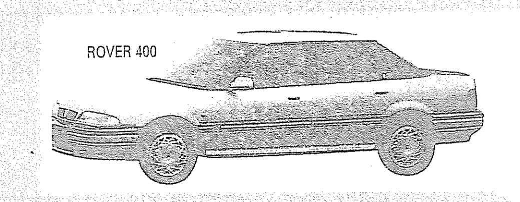
- **Globalización o mundialización**, etapa en la que la empresa no tiene en realidad un país de origen. La Alta Dirección puede proceder de distintos estados y, aunque puede darse una cultura común, ésta no tiene por qué identificarse con la del país original. A este nivel, las transferencias se realizan en todas las áreas (tecnología, ideas, personal, métodos, etc.) y las economías de todas las naciones implicadas pueden resultar igualmente beneficiadas.

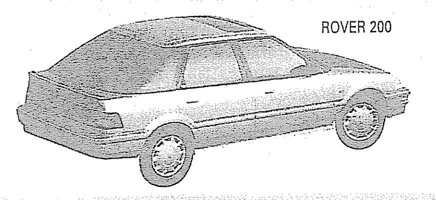
El proceso que lleva hacia la globalización aumenta las dificultades y hace más difícil las actividades directivas. La interacción y coordinación de la **red multiplantas**, así como su creación, es un tema crítico a nivel de estrategia empresarial, en la cual la Función de Operaciones juega un importante papel, ampliándose enormemente el abanico de alternativas decisionales: competir con un número reducido de plantas grandes o con un mayor número de plantas de menor tamaño; localizar las plantas cercanas al mercado, a la fuente de materias primas, a los proveedores; organizarlas por productos, por procesos, etc. No es infrecuente encontrarse con el caso de que un producto sea diseñado y financiado en un país, las materias primas sean procedentes de varios países y enviadas a otros distintos para la elaboración de partes y componentes, que éstos, a su vez, se manden a otro estado para su montaje final y obtención de un producto terminado que, por último, se venderá en los mercados mundiales. Lógicamente, las dificultades de dirección y gestión en casos como éste son bastante significativas.

Cabe resaltar que en el proceso de internacionalización también se han producido, y aún deben producirse, cambios. Como veremos en el Apartado 2.3.2, la importancia creciente de la calidad, rapidez, flexibilidad, etc., hace que la clásica localización de actividades en países en vías de desarrollo para conseguir menores costes de mano de obra esté perdiendo vigencia, máxime cuando dicho factor tiende a representar un porcentaje cada vez menor respecto a los costes totales, en contraste con el incremento sufrido por los costes fijos, debido, sobre todo, a la creciente automatización (véase Apartado 2.3.2). Por ello, son muchas las compañías que se implantan en países desarrollados, acercándose así a los mercados, contando con una fuerza de trabajo más cualificada y con un potencial de directivos más formados, mejor infraestructura y comunicación, etc.

El proceso de expansión internacional de las empresas es diverso, yendo desde la adquisición hasta distintos tipos de **alianzas** interempresas, incluso con empresas competidoras. Los propósitos pueden ser diversos: mayor facilidad de penetración en nuevos mercados, compartir tecnología, disminuir los costes crecientes de introducción de nuevos productos, implantar nuevos métodos de producción, etc. (véase Cuadro 2.1). En relación con las alianzas, no todos los países han emprendido dicho sistema con la misma intensidad. Así, un estudio realizado para la UE (Cohendet y otros, 1988) muestra que sus empresas han realizado un menor número de ellas que las estadounidenses y japonesas y que, cuando lo hicieron, obtuvieron peores resultados. En la actualidad, la UE (CCE, 1993, pág. 4) apoya de forma clara la cooperación entre empresas comunitarias en el ámbito de la investigación, especialmente en los campos prioritarios por su potencial futuro (nuevas tecnologías de la información, biotecnología y ecotecnología (véase Apartado 2.3.3)).

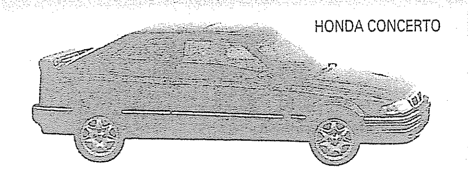
Cuadro 2.1. Los hijos de la alianza (*Actualidad Económica*, 14-3-1994)

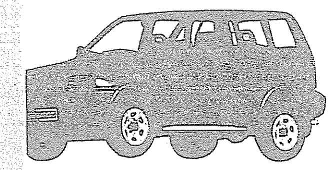




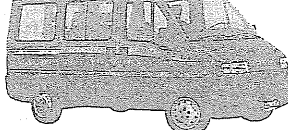
DE JAPON A ALEMANIA

La aportación de Honda a las fábricas inglesas de Rover ha dado buenos resultados. Los últimos coches de Rover, las series 200, 400 y 600, se han aprovechado de los adelantos de Honda, que también ha lanzado, junto a la británica, el Concerto. Una alianza que puede tocar a su fin después de que BMW comprara el 80 por 100 de Rover.









UN OMEGA CON CORAZON BMW

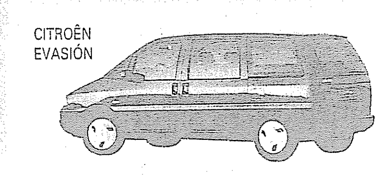
Uno de los más recientes ejemplos de colaboración entre las marcas automovilísticas es la versión diesel de la gama 1994 del **Opel Omega.** General Motors ha incorporado a su nuevo modelo un motor turbodiesel de 2,5 litros de origen BMW. De esta forma, Opel aprovecha la tecnología de motores de gasóleo desarrollada por el fabricante alemán, que no en vano tiene en el mercado el 325 TD, considerado por muchos la berlina diesel más rápida del mundo. Sin embargo, para el resto de la gama Omega –de gasolina– General Motors ha utilizado sus propios motores.

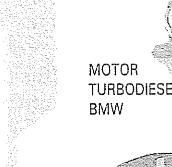
MADE IN SPAIN

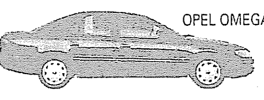
Tras el fracaso del proyecto de unión entre Suzuki y Seat para fabricar un coche pequeño, el único modelo fruto de la alianza entre dos marcas que se fabrica en España es el todoterreno conjunto de Ford y Nissan: el **Terrano II** de Nissan.

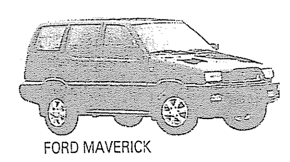
UNO PARA CUATRO

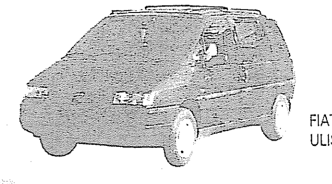
Aunque Jacques Calvet, presidente del grupo PSA, siempre se ha opuesto a las fusiones, no ha dudado en aliarse al grupo Fiat para abordar nuevos mercados. El resultado es un monovolumen y una furgoneta.











2.3.2. Prioridades competitivas y evolución de las mismas

Los aspectos comentados en el Apartado 2.2 siguen siendo críticos y constituyen objetivos vitales en nuestro días; las distintas empresas han ido progresando de forma desigual en relación con los mismos, aunque, sin duda, se está en un camino de mejora sin posibilidad de vuelta atrás. Las firmas que no consigan adaptarse a las nuevas circunstancias y responder adecuadamente al reto de la competitividad internacional quedarán relegadas a un papel marginal o desaparecerán. En el contexto en que nos desenvolvemos no es suficiente mejorar, sino que hay que hacerlo en relación con las firmas competidoras.

Considerando los países de la Tríada: Unión Europea, EE.UU. y Japón, este último sigue ocupando el liderazgo, siendo la UE la que, al parecer, ocupa en estos momentos el peor lugar. Así, de acuerdo con el Libro Blanco elaborado por la Comisión de las Comunidades Europeas (1993, pág. 63) la industria comunitaria ha retrocedido respecto a los otros dos países anteriormente mencionados. Aparte de la influencia de los tipos de cambio, desfavorable respecto a EE.UU., la **productividad** aparente del trabajo (PIB por persona empleada) en la industria de fabricación comunitaria se mantiene a un nivel considerablemente inferior, existiendo una diferencia de más del 10 por 100 respecto a EE.UU. y, a pesar de los progresos efectuados en la UE, la mantenida respecto a Japón ronda el 40 por 100. En el citado informe se resalta que no sólo es importante el nivel de productividad, sino su tasa de aumento, siendo un factor vital para la competitividad internacional y para la mejora del nivel de vida a escala nacional. En cuanto a los factores que influyen en el crecimiento de este parámetro, todos los que se citan están íntimamente relacionados con la función productiva: «evolución tecnológica, inversión en capital, tasas de utilización de las capacidades, volumen y cualificación de la mano de obra, cualificaciones de gestión, organización de la producción y utilización de recursos como la energía y las materias primas»[6].

Por lo que respecta a la **calidad**, un elemento tradicionalmente crítico como el precio ha perdido relevancia en relación con ella, existiendo cada vez más consumidores que prefieren pagar más caro si la calidad lo justifica. En este sentido, en una encuesta realizada por Gallup en 1988, se mostraba que los compradores estaban dispuestos a pagar hasta un 72 por 100 por encima del precio estándar de una pieza de mobiliario, mientras que, 4 años antes, dicho margen era sólo del 40 por 100. Dicho cambio de actitud en el consumidor se observó también en otros productos (Rice y Faye, 1990). Del mismo modo, en un sondeo realizado por Yakelovich Clancy Sulman en 1990, los norteamericanos ordenaban de la siguiente forma los factores que influían en la compra de un artículo: fiabilidad y duración, facilidad de uso, marca reconocida y, por último, precio (Ibidem).

Esto ha llevado a la calidad a un lugar preponderante entre los objetivos empresariales, habiéndose llegado a cotas que parecían inalcanzables. Para aquéllos que conseguían un nivel de calidad del 95 por 100, pensar en un 99 por 100 parecía algo irreal; sin embargo, para un consumidor como el actual, dicho porcentaje no es tan bueno. Como indica Denton (1992, pág. 4), éste implicaría,

---

[6] En otros aspectos que influyen en la competitividad y que no están ligados tan directamente a la producción, la UE está en mejor posición. Así (Ibidem, pág. 64 y ss.), su nivel de endeudamiento es muy pequeño (el más bajo de la Tríada), sus márgenes son parecidos a los de sus competidores (intermedios entre EE.UU. y Japón), se ha producido una reestructuración paralela al establecimiento del mercado interior y dispone de infraestructuras densas y eficaces. Ello pone de manifiesto el papel relevante que ocupa la mejora de la Función de Producción para conseguir el aumento de competitividad en la UE.

para el caso de EE.UU., 20.000 artículos perdidos cada hora en el correo, 5.000 operaciones quirúrgicas incorrectas por semana, 200.000 recetas erróneas por año, 7 horas sin electricidad al mes, etc. Hoy en día, las empresas de primera fila, como Motorola, hablan de 3,4 defectos por millón o, lo que es lo mismo, de 99,91 por 100 de productos o servicios perfectos (Ibídem). La calidad de los automóviles estadounidenses pasó del 8 por 100 de defectos por coche en 1980, al 1,75 por 100 en 1990, valor que, comparado con el 3 por 100 de los competidores japoneses en 1980, muestra lo considerable del esfuerzo realizado. Sin embargo, siempre hay que contemplar las mejoras en relación con la competencia y, en 1990, los constructores nipones conseguían llegar al 1,25 por 100 (Stertz, 1990).

La situación se ha complicado con la participación cada vez mayor en el comercio mundial de los países industrializados del sudeste asiático y con la aparición, en algunos sectores, de otros de reciente industrialización, como China. Para hacer frente con éxito a estos países, en los que los costes laborales son mucho más bajos, sólo una alta productividad y calidad permitirán mantener la ventaja competitiva. Países como Corea, Singapur, Hong-Kong y Taiwan están reemplazando a Japón en la producción de bienes básicos, tales como prendas de vestir, acero e incluso electrónica. La combinación de salarios bajos con la facilidad de obtención de modernos equipos de altos volúmenes de producción ha hecho que incluso otros países, como Brasil, Filipinas, Malasia o México, empiecen a participar en la producción de bienes importantes, como automóviles o aparatos de TV. Entretanto, exportadores tradicionales, como Japón o Alemania, buscan un nivel más alto en la escala con productos tecnológicamente más avanzados o más caros.

A medida que se consiguen cotas más altas de calidad y que los clientes se van volviendo más exigentes, la *atención al consumidor* incrementa la importancia de otros objetivos a alcanzar para diferenciarse y ganar, o mantener, la cuota de mercado. La batalla competitiva ha empezado a jugarse en el campo de la **rapidez, tanto en la entrega de los productos como en el diseño e introducción de los mismos.**

La importancia de los costes, la calidad, la entrega y la satisfacción del cliente para mantener la competitividad es puesta de manifiesto por la Comisión de las Comunidades Europeas en el mencionado Libro Blanco (1993, pág. 64), resaltando la importancia de la Función de Producción. Los márgenes sobre el precio de venta dependen de los costes de producción, la calidad está relacionada con el proceso y con los sistemas de control, en el cumplimiento de fechas de entrega influyen de forma crítica la planificación y control de materiales. Sólo sistemas productivos modernos, correctamente diseñados, planificados y controlados permitirán afrontar la escalada en el reto planteado. La **flexibilidad** de estos sistemas va transformándose en un requisito cada vez más necesario, constituyendo otra de las metas deseadas. Por flexibilidad se entiende la capacidad de respuesta a los cambios de distinto tipo: de cantidad, del mix de productos, de diseño, etc. Ligada a la rapidez, a la flexibilidad y a la importancia de la satisfacción del consumidor está la innovación, que también cobra un papel cada vez más relevante. El cambio en la importancia relativa de los objetivos de producción queda reflejado en la Figura 2.1, obtenida de un estudio sobre 217 empresas norteamericanas (Miller y Roth, 1988, pág. 6). Este muestra cómo el precio y los parámetros ligados a la calidad perdieron terreno ante aquellos otros relacionados con el tiempo. Ello no quiere decir que no sigan siendo vitales; simplemente indica que van siendo alcanzados por mayor número de empresas y, a medida que esto ocurre, se convierten en una condición necesaria, pero no suficiente, para ganar la batalla competitiva, la cual empieza a librarse con nuevas armas.

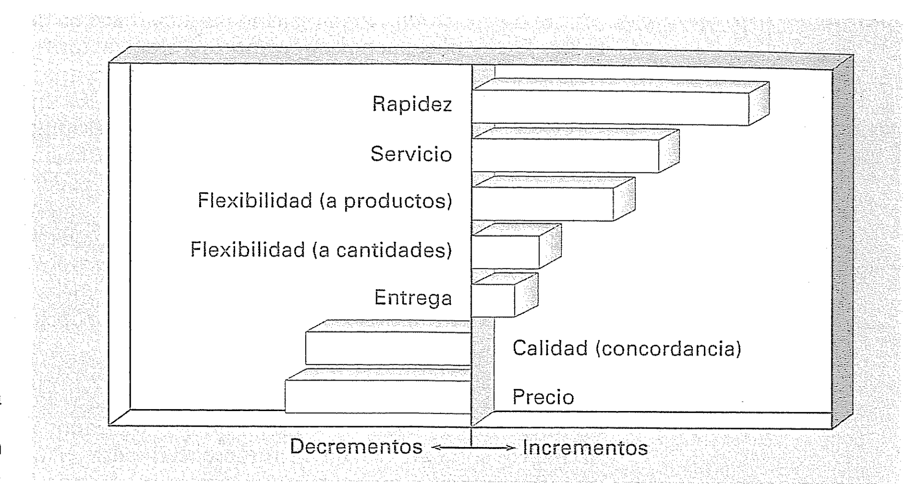


Figura 2.1. Cambios en la importancia de los objetivos de producción en EE.UU. entre 1984 y 1988.

En este contexto, la importancia del **desarrollo tecnológico** y la **inversión empresarial en dicho campo** ocupa un lugar crucial, permitiendo incrementar la gama de productos sin que ello vaya en detrimento de la eficiencia. Hay que tener en cuenta que *para que la inversión tecnológica produzca la máxima ventaja competitiva, deberá ir acompañada de mejoras en la dirección, gestión y organización de las operaciones, las cuales traerán consigo un aumento en la productividad del capital y del trabajo y, con ello, en el rendimiento de las inversiones realizadas.* Si tenemos en cuenta que las empresas japonesas vienen siendo líderes en las mencionadas mejoras y que también lo son en la inversión (véase Figura 2.2), resulta clara la situación competitiva que hemos venido experimentando.

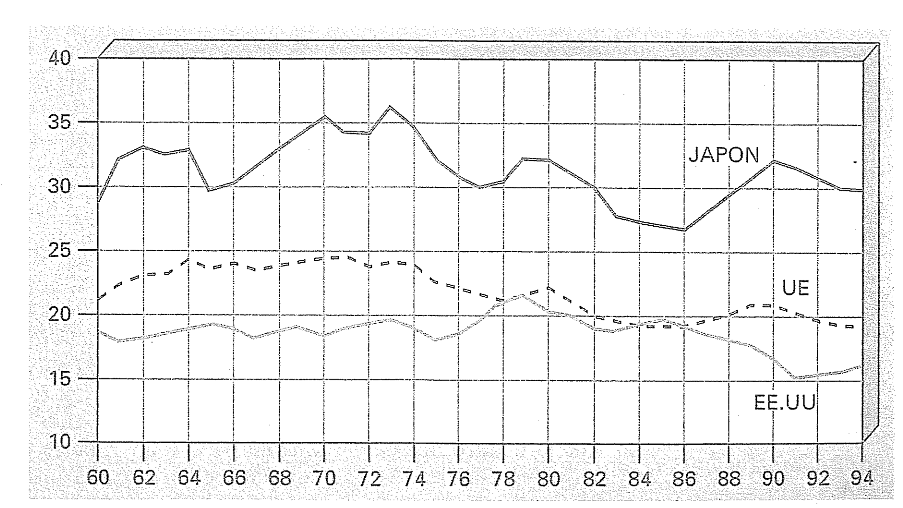


Figura 2.2. Proporción de la inversión en la UE, EE.UU. y Japón (porcentaje sobre el PIB)[7].

[7] Fuente: CCE (1993, pág. 50).

La inversión en tecnologías avanzadas hace subir de manera significativa los costes fijos y hace menos importantes los del factor trabajo. De nuevo aquí se han destacado las firmas japonesas; de un estudio comparativo sobre EE.UU. y Japón (Jaikumar, 1986), se deduce que este país estaba muy por encima de EE.UU., tanto en el número de sistemas de fabricación flexible (FMS) como en las capacidades de las empresas para desarrollar dichas tecnologías. Dichos datos fueron confirmados posteriormente (Jaikumar, 1989), encontrándose que, después de 5 años, el incremento promedio de componentes elaborados por FMS en EE.UU. fue del 50 por 100, y se habían añadido tres o cuatro sistemas totalmente automatizados sin operarios. Ello contrastaba con un aumento del 100 por 100 en Japón y la implantación de 40 sistemas automáticos, muchos en PYMES. Dicho país se encontraba por delante de la Unión Europea (Miller y otros, 1989) y ello sigue siendo cierto en 1994.

La creciente automatización y el desarrollo tecnológico no debe hacernos pensar que el **factor humano** pierde importancia. Por el contrario, la existencia de un elenco de cuadros, trabajadores y empleados con una **formación adecuada** al nuevo contexto es un factor esencial para el éxito, siendo esto destacado de forma unánime en la literatura especializada y en los informes institucionales[8]. El trabajo en equipo, la participación y motivación, la flexibilidad del factor humano, constituyen puntos vitales a considerar.

El Cuadro 2.2 muestra una lista no exhaustiva de los tremendos cambios que se han producido en el campo productivo en los últimos 30 años (Scott, 1994, pág. 25).

Cuadro 2.2. Algunos cambios acaecidos en el terreno productivo en las últimas décadas[9]

Concepto	Década de los 60	Década de los 90
Enfoque	Dirigido por la producción	Dirigido por el mercado
Técnicas	Simples	Complejas
Gama de productos	Estrecha	Amplia
Ciclo de vida del producto	Largo	Corto
Competencia	Nacional	Global
Clientes	Estables	Exigentes
Equipos	Específicos	Flexibles
Costes fijos	Bajos	Altos
Costes laborales	Altos	Bajos
Precios	Cost-plus	Dirigidos por el mercado

Diferentes estudios empíricos muestran el lugar ocupado por distintas características (coincidentes o directamente relacionadas con los mencionados objetivos) entre las **prioridades competitivas** de las empresas de las tres potencias mundiales para los 5 años siguientes. El Cuadro 2.3 muestra resultados procedentes de una encuesta realizada, entre 1983 y 1985, a las 6.000 mayores empresas de los citados países para observar las similitudes y diferencias de sus estrategias productivas, habiendo respondido un 25 por 100 de las mismas (Ferdows y otros, 1986). En dicho cuadro aparece el *ranking* para 1985 y, entre paréntesis, los lugares que el objetivo en cuestión ocupaba en los correspondientes a 1983 y 1984. El Cuadro

[8] Véase, por ejemplo, el Libro Blanco de la Comisión de las Comunidades Europeas (1993).

[9] Fuente: *Industrial Technology* (marzo 1991).

2.4 muestra los resultados de una encuesta sobre 217 empresas estadounidenses llevada a cabo en 1988 (Miller y Roth, 1988).

Cuadro 2.3. Prioridades competitivas 1985 (1983, 1984)

	Europa	Estados Unidos	Japón
1	Calidad (1,1)	Calidad (1,1)	Precios bajos (1,1)
2	Productos de alto rendimiento (3,2)	Seguridad en las entregas (3,3)	Rapidez en cambios de diseño (2,2)
3	Seguridad en las entregas (2,3)	Productos de alto rendimiento (2,2)	Calidad (3,3)
4	Precios bajos (4,4)	Entregas rápidas (4,4)	Productos de alto rendimiento (4,4)
5	Rapidez en las entregas (6,6)	Precios bajos (6,5)	Seguridad en las entregas (5,5)
6	Rapidez en cambios de diseño (5,5)	Servicio postventa (5,7)	Rapidez en cambios en cantidad (6,6
7	Servicio postventa (8,8)	Rapidez en cambios de diseño (7,5)	Rapidez en las entregas (8,7)
8	Rapidez en cambios en cantidad (7,7)	Rapidez en cambios en cantidad (8,8)	Servicio postventa (7,8)

Cuadro 2.4. Areas clave para un enfoque competitivo

	Estados Unidos (1988)
1	Calidad
2	Entregas a tiempo
3	Rapidez
4	Flexibilidad en productos
5	Servicio postventa
6	Precios
7	Gama amplia
8	Distribución amplia
9	Flexibilidad a la cantidad
10	Promoción

De los mencionados cuadros se deduce claramente la relevancia de los objetivos que dependen de la actividad productiva. También puede observarse que se sigue dando gran importancia a los ya clásicos objetivos de coste y calidad, y que irrumpen de forma clara los ligados a las **entregas** y a la **flexibilidad** (a cambios en diseño y en cantidad); también es muy relevante la consideración generalizada de la importancia del **servicio** al cliente (alto rendimiento, postventa y **rapidez** en cambios y entregas). Puede verse también con el Cuadro 2.3 la continuidad en las respuestas a lo largo del tiempo (especialmente en las firmas japonesas). Una actualización de este estudio (Miller y otros, 1989), en el que aparece un abanico algo menos amplio de objetivos, muestra que los básicos, relativos a precio (coste), calidad, flexibilidad, rapidez y entregas, mantienen en general su posición relativa dentro de la ordenación realizada por países. Cabe señalar también una mayor similitud entre Europa y EE.UU., así como una mayor diferencia con Japón. Sólo en este último el precio vuelve a cobrar especial relevancia, aunque hay que señalar que, en realidad, éste es reflejo de una mayor preocupación por los costes (Ferdows y otros, 1986, pág. 9). Asimismo, en dicho país la rapidez en cambios de diseño también aparece por encima del ya clásico objetivo de calidad, lo cual no sucede en Europa y EE.UU. Ello puede explicarse si pensamos en las altísimas cotas de calidad ya alcanzadas por las compañías niponas, lo cual transforma esta meta en algo conseguido y a mantener, haciendo pasar el centro de interés a otros parámetros en los que aún caben mejoras significativas; conseguir estas últimas permitiría a dicho país mantener su posición de liderazgo. Ello muestra cómo *los distintos objetivos permanecen, pero* cómo *las distintas empresas, en función de sus peculiares características, los consideran con distintos niveles de prioridad. Esta, por otra parte, va cambiando a lo largo del tiempo a medida que lo hacen los resultados obtenidos y las circunstancias internas y externas de las compañías* (comparar Cuadros 2.3 y 2.4).

Ha quedado patente que, especialmente en nuestros días, la estrategia empresarial no puede estar enfocada a un único objetivo. Más que nunca es necesario tener en cuenta simultáneamente diversas metas y buscar un equilibrio armónico entre los mismos, tarea especialmente delicada, dado que, por naturaleza, no sólo puede darse conflicto entre objetivos, sino entre las características que definen una misma meta. Resolviendo los conflictos y no ignorándolos, se establecerán de forma adecuada las prioridades competitivas (véase Capítulo 3).

2.3.3. Importancia creciente de la responsabilidad social de las empresas

Los aspectos sociales van cobrando un papel fundamental en los países desarrollados, especialmente a medida que crece la sensibilización sobre el deterioro del medio ambiente, sobre la seguridad y sobre otros aspectos importantes desde el punto de vista social, tales como, por ejemplo, la atención a grupos tradicionalmente marginados por diversas razones (minusvalía, raza, etc.) o mejoras sociales para la mano de obra. A este respecto, se desarrollan leyes que obligan a las empresas a respetar el entorno, a ampliar requisitos de seguridad o a no ejercer ningún tipo de discriminación.

Pero la transformación no sólo procede del lado legal, los propios consumidores han desarrollado una enorme sensibilidad a dichos temas, los cuales influyen decisivamente en el acto de compra (recuérdese el caso de los aerosoles que perjudican la capa de ozono). Ello hace que las empresas tengan cada vez más en cuenta estos aspectos y se preocupen de incorporarlos tanto en los procesos (por ejemplo, incorporación de tecnologías no contaminantes) como en los productos, pues es sabido que existe un mercado creciente para bienes que incorporen nuevas características en el sentido apuntado: por ejemplo, que favorezcan la conservación del medio ambiente (tipo de envase, posibilidad de reciclado o materia prima reciclada, etc.) o que sean más seguros (introducción de *air-bag* o de barras para prevención de impacto lateral en los coches, frenos ABS, etc.).

Existe un amplio consenso sobre la importancia de la **Ecoindustria**, con un mercado en expansión que, según estudios de la OCDE, tendrá un crecimiento considerable en la presente década. La Ecoindustria no sólo abarca a las firmas especializadas en ecotecnología (producción y suministro de bienes y servicios para el control o eliminación de la polución), sino a aquellas otras que introducen procesos o productos que tengan en cuenta estos y otros factores y que no resulten nocivos para el medio ambiente (CCE, 1983, pág. 67).

En un principio, las nuevas leyes y actitudes del consumidor encarecen la actividad empresarial: adquisición de bienes y servicios para el control y reducción de la contaminación, sistemas de seguridad en las instalaciones, incorporación de nuevos elementos en los productos (por ejemplo, cinturones de seguridad de los asientos traseros de los automóviles, air-bag, multas elevadas en caso de incumplimiento de la normativa vigente, etc.). Sin embargo, son cada vez más las empresas que comprenden que las posibles desventajas que, a corto plazo, pueden surgir de la consideración de los distintos factores comentados, pueden representar en realidad importantes beneficios a medio y largo plazo. Evidentemente, en el otro extremo, existe el peligro de que algunas firmas obvien parte del problema implantando parte de sus actividades en países de legislación menos severa. En ese sentido urge una regulación internacional de los aspectos más críticos; que existe una concienciación al respecto lo muestra, por ejemplo, el pacto firmado por más de 30 países para limitar la producción de clorofluorurocarbonos con objeto de no perjudicar la capa de ozono (*Business Week*, 4-4-1985).

2.3.4. La importancia de los servicios

Otra cuestión de capital relevancia en la época actual, que debe influir enormemente en la Dirección de Operaciones, es el papel fundamental que ocupa el sector servicios en las economías desarrolladas. El aumento del nivel de vida en dichos países ha producido un cambio en las pautas de consumo en detrimento

de la fabricación y a favor de los servicios. Del mismo modo, debido, entre otras causas, al crecimiento de este último sector y al incremento de utilización de las nuevas tecnologías, que llevan a una fabricación cada vez menos intensiva en mano de obra, el mercado de trabajo ha experimentado un claro sesgo hacia los servicios. Las Figuras 2.3 y 2.4 muestran las mencionadas evoluciones para el caso de Estados Unidos.

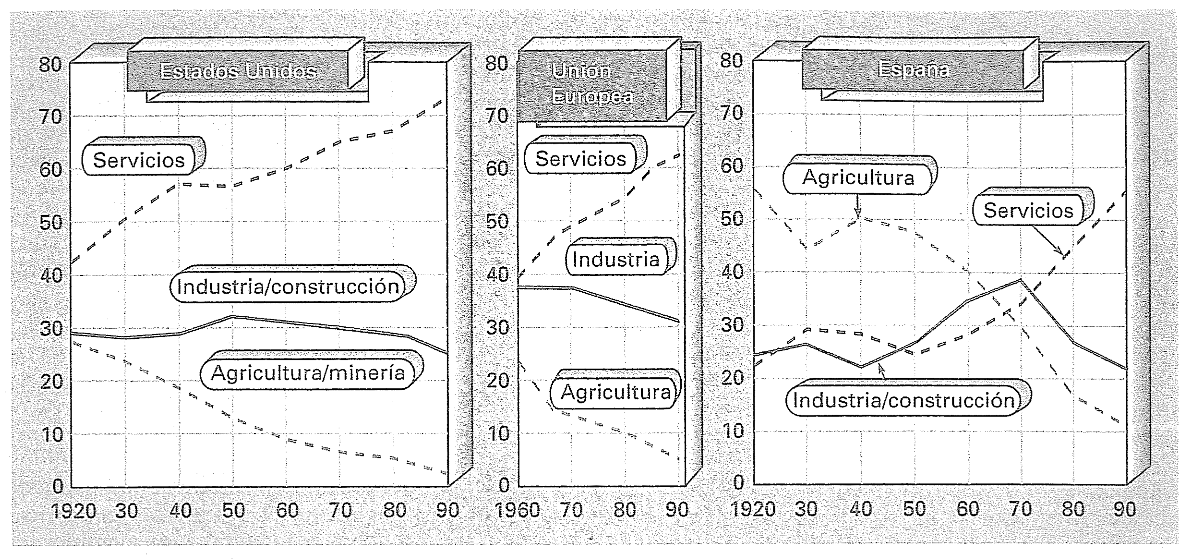


Figura 2.3. Porcentaje de empleo en los distintos sectores de la economía (EE.UU., UE y España)[10].

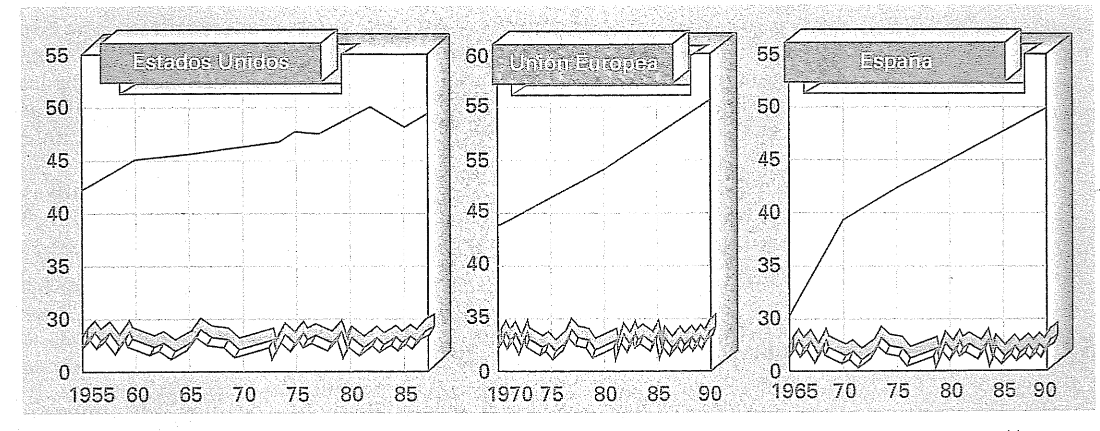


Figura 2.4. Porcentaje de gastos de consumo en el sector servicios (EE.UU., UE y España)[11].

[10] **EE.UU.:** basada en Dilworth (1993, pág. 8); **UE:** basada en CCE (1989, pág. 32) y (1993, página 36); **España:** basada en Tamames (1991, pág. 34).

[11] **EE.UU.:** basada en Krajewski/Ritzman (1990, pág. 12); **UE:** basada en García (1985, pág. 680) y (1993, págs. 875-876); **España:** basada en García (1993, pág. 874).

Por lo que respecta a la Unión Europea, al lado de los empleos destruidos en el sector industrial de la mano del progreso tecnológico y la competitividad (véase Apartado 2.3.5), se calcula que podrían crearse tres millones de nuevos empleos a medida que se desarrolle el sector servicios, repartidos entre medios audiovisuales, ocio y cultura, protección del medio ambiente, mejora de las condiciones de vida y servicios de proximidad (CCE, 1994, pág. 18). Esta tendencia hace a este sector especialmente atractivo. De hecho, la competencia internacional se ha empezado a sentir de forma clara en áreas como la Banca, las líneas aéreas, el turismo, los servicios financieros, la consultoría, etc., constituyendo un nuevo e importante reto a tener en cuenta. El resto de las consideraciones realizadas en los Apartados 2.2 y 2.3 son también de aplicación al presente caso. Aunque la naturaleza de los servicios hace que la medición de ciertos parámetros, como productividad y calidad, sea menos fiable, parece claro que los resultados alcanzados en este sector son, en general, más pobres que en el industrial. Este hecho, unido a la importancia creciente de los servicios, lo transforma en campo de especial interés para la Dirección de Operaciones; a pesar de la dificultad intrínseca que supone, deberían conseguirse mejoras significativas en los próximos años.

De lo anterior no debe deducirse que el sector industrial se esté transformando en algo marginal. De hecho, sigue significando la mayor parte de las exportaciones de los países desarrollados, así como una porción no desdeñable de su producto nacional bruto. Por otro lado, debe tenerse en cuenta la complementariedad existente entre ambos sectores, pues las empresas de fabricación generan múltiples empleos en el sector servicios y, además, cada vez más, se difumina la frontera de separación, teniendo los productos un importante componente de servicio, existiendo un *continuum* entre lo que serían el producto y el servicio puros (véase Capítulo 4). De hecho, para muchas compañías (por ejemplo, las grandes marcas farmacéuticas), «la mayor parte de sus costes, valor añadido, beneficios y ventajas competitivas se origina a partir de actividades de servicios» (Quinn y otros, 1990). Los mismos autores indican que los servicios dominan la *cadena del valor* de las empresas y que éstas deben sobresalir en este aspecto para obtener una ventaja competitiva. Debido precisamente a la tremenda importancia del componente servicios, son cada vez más numerosas las firmas que diseñan su Estrategia de Operaciones (véase Capítulo 3) enfocada al servicio al cliente (Bowen y otros, 1989), aspecto que ya comentamos anteriormente.

La importancia del componente servicios en las prioridades competitivas está llamada a aumentar y existe evidencia empírica de ello (véase Cuadro 2.5). En el Capítulo 3 ampliaremos estos comentarios.

2.3.5. Las nuevas tecnologías (CCE, 1993, págs. 20 a 23)

Estamos ante una **nueva revolución industrial** que provoca una veloz mutación de las técnicas y, con ello, de los empleos y de las competencias. El progreso técnico se centra, por una parte, en los procesos de fabricación y, por otra, en los métodos de planificación, organización y control; la tremenda velocidad del mismo no va acompañada de la correspondiente capacidad para generar rápidamente nuevos productos y necesidades, provocando, por tanto, la destrucción de empleo. Sin embargo, también hay que tener en cuenta que la supervivencia empresarial implica estar en sintonía con los desarrollos mencionados, los cuales permiten mejorar en productividad, calidad, flexibilidad, etc., y, con ello, la posibilidad de competir. No se trata, pues, de aplazar la transformación, pues ella trae consigo el mantenimiento de muchos puestos de trabajo (que de otra forma se perderían) y la creación de más puestos en el futuro. Sin embargo, es necesario intentar controlarla para evitar que la adaptación dé lugar a dramas sociales como los que caracterizaron el pasado siglo.

Cuadro 2.5. Importancia del componente «servicio» sobre la competitividad

Buzzel y Gale (1987)	Fabricantes de ordenadores con productos técnicamente superiores han sido desplazados del mercado debido a un pobre servicio al cliente y a falta de software.
Forum Corporation (1988)	El pobre servicio postventa fue la primera razón para que los consumidores cambiaran de marca.
Schroeder y otros (1986)	El 86 por 100 de las respuestas a un cuestionario realizado por 40 directivos mostraban que un componente de su estrategia de producción era proporcionar la mejor entrega y servicio de la industria.
Actualidad Económica (1994)	El servicio postventa se ha convertido en un factor decisivo a la hora de comprar un coche. Las marcas quieren cambiar la cultura tradicional y hacer del cliente un rey. «El director de postventa debe reunir conocimientos técnicos y comerciales» (Vicente Palanca - SEAT.) «Es fundamental el apoyo constante a la gestión técnica y económica de nuestros concesionarios.» «Hay que utilizar procedimientos de control de calidad que detecten eficaz e inmediatamente los fallos» (Günter Look - Mercedes Benz.) «Uno de los pilares del servicio postventa es la competencia técnica» (Javier Nebreda - FASA Renault.)

Merece especial mención el vertiginoso desarrollo de las nuevas tecnologías de la información (NTI): estamos ante la nueva sociedad de la información. Se ha abierto el mundo multimedia, que traerá consigo importantísimas mutaciones; en este campo, los EE.UU., Japón y la UE ya han tomado iniciativas. Para la UE, el mundo de las nuevas tecnologías de la información constituye un reto del que dependerá su supervivencia o su declive. En un futuro no lejano, las estructuras y métodos de producción van a verse profundamente afectadas por las NTI. El impacto de las mismas va a dejarse sentir en las PYMES, para las que los nuevos servicios de comunicación supondrán un ahorro medio estimado del 4 por 100 sobre su cifra de negocios. Por otra parte, los nuevos sistemas de transmisión de datos van a permitir a las empresas la globalización de sus actividades a través de alianzas y cooperaciones a una escala que hasta ahora no había sido posible.

El mencionado cambio está siendo provocado por la presión del mercado y por la iniciativa empresarial. Conscientes de que las economías que antes realicen la mutación conseguirán ventajas competitivas, la UE, EE.UU. y Japón la aceleran y apoyan mediante decisiones gubernamentales, insistiendo en la creación de infraestructuras básicas y en el apoyo a nuevas aplicaciones y al desarrollo tecnológico. Como prioridades básicas de la UE en este campo están: definir la explotación de las tecnologías de la información, creación de servicios básicos transeuropeos, instauración de un adecuado marco reglamentario, desarrollar la formación en nuevas tecnologías y aumentar el rendimiento tecnológico industrial.

2.4. ACCIONES EMPRESARIALES PARA COMPETIR EN EL NUEVO MARCO CON LA FUNCION DE OPERACIONES

Como hemos comentado en los apartados anteriores, las empresas occidentales pudieron comprobar que la lucha competitiva era ganada por empresas que funcionaban con reglas no tradicionales: trabajaban en equipo (tanto trabajadores y directivos como las diferentes áreas empresariales), primaban la obtención de la calidad, invertían en nuevas tecnologías y, en definitiva, utilizaban el área de producción como una poderosa arma de estrategia competitiva, empeñándose en un esfuerzo de mejora continua. A partir de ese momento, quedaba claro que era fundamental la labor directiva para lograr una gestión integrada de las distintas funciones de la firma y una filosofía de trabajo en equipo, unido todo ello a una especial atención a los distintos aspectos y niveles de la actividad productiva para la consecución de la excelencia empresarial.

Ello provocó la lógica reacción de las empresas occidentales, algunas de las cuales lo hicieron con bastante éxito después de replantear sus estrategias competitivas o/y sus métodos de fabricación y planificación. Como ejemplo, podemos recordar como, tras la «muerte anunciada» de Ford a principios de los 80, dicha empresa recuperó cuota de mercado y beneficios gracias al diseño y a su compromiso con la calidad (McLain, 1992, pág. 1). Por su parte, Harley Davidson estuvo en peligro de quedar fuera de juego ante la competencia nipona; sin embargo, gracias a la mejora de sus métodos de fabricación y de su atención al consumidor, recuperó el liderazgo en su segmento de mercado (Holuska, 1990).

Son diversos los estudios realizados para conocer el camino emprendido por las empresas de los distintos países (básicamente los pertenecientes a la Tríada) con objeto de conocer los distintos enfoques y estrategias, así como los consiguientes planes de acción para conseguirlos. Así, Miller y Vollman (1984) estudian las 500 empresas manufactureras más importantes de los Estados Unidos, obteniendo como resultado la opinión generalizada acerca de la **importancia de la Función de Operaciones**, de su consideración de forma coordinada, de evitar inventarios innecesarios, tiempos muertos, etc. Asimismo, destacaban el papel crítico de la comunicación en la empresa, de los problemas creados por los conflictos de objetivos entre las diferentes secciones y de la necesidad de suprimir la desconexión entre las diferentes áreas. Burman (1985), en un estudio sobre empresas japonesas de diferentes configuraciones productivas, resalta la importancia de la búsqueda de la **integración de funciones** y el intento de mentalización del personal a medida que los nuevos métodos se van introduciendo. El «Report on the 1986 North American Futures Survey» (Miller y Roth, 1986) revela que *tres de los diez programas de acción considerados vitales por las empresas americanas se centraban en la planificación y control de la producción.*

Un estudio realmente interesante, mencionado en el Apartado 2.3.2 (Ferdows y otros, 1986), es el realizado conjuntamente por profesores e investigadores de la Boston University School of Management (EE.UU.), el INSEAD (Francia) y la Universidad de Waseda (Japón), algunos de cuyos resultados comentamos seguidamente. Dado que las prioridades competitivas fueron analizadas en el Apartado 2.3.2 (Cuadro 2.2), aquí nos centramos en el tratamiento de una serie de puntos de interés y en los correspondientes planes de acción para conseguirlos de acuerdo con las prioridades mencionadas. Estos aparecen en el Cuadro 2.6. De nuevo, la clasificación mostrada corresponde a 1985 y los números entre paréntesis indican el lugar ocupado, respectivamente, en 1984 y 1983. Un asterisco indica

que el lugar indicado era inferior al 10. Sin entrar en un análisis exhaustivo del cuadro, para lo cual nos remitimos a la obra original, nos limitaremos aquí a resumir los principales aspectos.

En las fechas indicadas, las empresas japonesas ya estaban apostando fuertemente por el desarrollo tecnológico a través de sistemas que procurasen simultáneamente flexibilidad y bajos costes, preocupándose más de los procesos que de los sistemas de información. Esto es consistente con sus prioridades competitivas pues, para las citadas firmas, independientemente de otras acciones posteriores, la calidad y la tecnología darán lugar a importantes decrementos de costes (primera prioridad del Cuadro 2.2). Conseguida la calidad (y, de acuerdo con la encuesta, también el cumplimiento de entregas), es lógico concentrarse en el segundo aspec-

Cuadro 2.6. Aspectos de interés relevante y planes de acción en los países de la Tríada (1983 a 1985)

		Europa	EE.UU.	Japón
Aspectos de interés relevante	1	Fabricación según estándar de calidad (1,2)	Fabricación según estándar de calidad (1,1)	Fabricación según estándar de calidad (1,1)
	2	Gastos generales (2,1)	Gastos generales (3,2)	Rendimiento, rechazos (2,2)
	3	Costes de materiales (4,4)	Introducción nuevos productos (2,4)	Introducción nuevos productos (4,4)
	4	Introducción nuevos productos (5,5)	Previsión de ventas (7,8)	Tecnología de procesos (5,5)
	5	Previsión de ventas (7,6)	Rendimiento, rechazos (5,10)	Disponibilidad supervisores cualificados (3,3)
	6	Productividad trabajo indirecto (3,3)	Calidad proveedores (*,*)	Envejecimiento mano de obra (11,10)
	7	Inventarios (9,9)	Tiempos de fabricación (*,*)	Excesivos cambios de ingeniería (*,*)
	8	Entregas a tiempo (10,15)	Productividad trabajo indirecto (4,5)	Línea de productos (*,*)
	9	Tiempos de fabricación (13,14)	Inventarios (*,6)	Entregas a tiempo (8,7)
	10	Rendimiento, rechazos (11,17)	Costes de materiales (6,7)	Productividad trabajo directo (7,8)
	11	Envejecimiento instalaciones (14,12)	Entregas a tiempo (*,*)	Productividad trabajo indirecto (9,12)
	12	Disponibilidad supervisores cualificados (8,11)	Tecnología de procesos (9,12)	Gastos generales (*,8)
	13	Relaciones gubernamentales (15,10)	Tiempo suministro proveedores (*,*)	Inventarios (*,*)
Planes de acción más importantes	1	Motivación trabajo directo (2,1)	Motivación trabajo directo (4,5)	Sistemas flexibles de fabricación (6,3)
	2	Sistemas control de producción e inventarios (5,*)	Desarrollo nuevos procesos para nuevos productos (6,1)	Automatización de trabajos (1,2)
	3	Automatización de trabajos (1,*)	Calidad proveedores (*,*)	Desarrollo nuevos procesos para nuevos productos (5,6)
	4	Integración sistemas información de fabricación (7,4)	Sistemas control de producción e inventarios (1,2)	Sistemas control de producción e inventarios (2,1)
	5	Calidad proveedores (*,*)	Control estadístico de procesos (*,*)	Círculos de calidad (4,4)
	6	Formación supervisores (6,3)	Integración sistemas de información de fabricación (3,3)	Integración sistemas de información de fabricación (*,10)
	7	Integración interfuncional sistemas de información (*,5)	Cero defectos (*,*)	Calidad proveedores (*,*)
	8	Desarrollo nuevos procesos para nuevos productos (3,2)	Desarrollo estratégico operaciones (*,*)	Seguridad en el trabajo (*,*)
	9	Reducción de plantilla (*,*)	Integración interfuncional sistemas información (3,2)	Análisis del valor (*,*)
	10	Organización de producción (*,10)	Control estadístico de productos (*,*)	Reducción tiempos de suministro (*,7)

to, con tecnologías que conlleven, simultáneamente, menores costes y mayor flexibilidad para nuevos productos. Conviene señalar que la inversa no tiene por qué ser cierta, es decir, enfocar prioritariamente sobre los costes puede estar en conflicto con la consecución estratégica de altos niveles de calidad, cosa que ha ocurrido con frecuencia en las empresas occidentales. Afortunadamente, son cada vez más las empresas que han comprendido este hecho y han tomado medidas para buscar un correcto equilibrio.

Cada vez más, las nuevas tecnologías van a permitir satisfacer los deseos concretos de los consumidores, sin perder las ventajas de la producción en serie, facilitando la existencia de gamas mucho más ricas de productos y servicios. Este

camino (que lideran las firmas japonesas) es coherente con la creciente importancia del consumidor como foco de las estrategias productivas. Otro factor a resaltar es el hecho de que, en gran medida, las compañías niponas tienden a generar el desarrollo tecnológico desde dentro de la empresa, más que a partir de suministradores externos. Esta vía de cambio implica un nuevo esfuerzo, que Japón deberá realizar de forma equilibrada para no perder las fuerzas ya adquiridas en relación con los equipos humanos, así como con la eficiencia de las estructuras sociales que sentaron la base de la consecución de calidad. A pesar del riesgo que conlleva el camino mencionado, resulta claro que, en caso de éxito, podría aumentar la vulnerabilidad de las firmas americanas y europeas, más inclinadas a acudir a proveedores externos de tecnología. Además, especialmente en el caso de EE.UU., la preocupación por el diseño de sofisticados sistemas de información, capaces de manejar complejos sistemas productivos, puede traer consigo el pasar por alto la propia simplificación de los procesos y trabajar con una complejidad innecesaria. La historia reciente nos ha mostrado las grandes ventajas de la simplificación para obtener ventajas competitivas en la producción[12].

La actualización mencionada en el Apartado 2.3.2 (Miller y otros, 1989) muestra también interesantes resultados en relación con los planes de acción con los que las empresas encuestadas intentarán reducir, en la década de los 90, el desfase existente entre los niveles deseados de sus prioridades competitivas y los logros alcanzados respecto a ellas. A partir de los dos estudios mencionados, hemos elaborado el Cuadro 2.7.

En general, *se observa claramente cómo, a medida que se consiguen niveles adecuados para un cierto objetivo* (teniendo siempre en cuenta el alcanzado por los competidores) *los planes de acción se dirigen hacia otros en los que el desfase es mayor*.

Como aspecto más significativo, puede señalarse que las empresas japonesas siguen siendo las más agresivas en cuanto a alcanzar altas cotas de flexibilidad, como lo demuestra la subida en la clasificación de los planes relacionados con ella o la aparición de otros nuevos (por ejemplo, nuevos procesos para nuevos productos, reducción de plazos de fabricación y de tiempos de suministro de proveedores, CAD, etc.). Igualmente, siguen preocupados por conseguir disminuir los costes, como lo demuestra su insistencia en las nuevas tecnologías y su interés por el análisis del valor (véase Cuadro 4.5). Aunque los sistemas de fabricación flexible no aparecen en los diez primeros lugares de la lista de las firmas niponas, el análisis de los datos completos realizados por los autores (Ibídem, pág. 10) muestra que sigue siendo un tema fundamental, el cual tomará nuevo vigor en la década de los 90.

Estadounidenses y europeos siguen intentando mejorar la *calidad*, como lo muestra el incremento de la importancia de los planes relacionados con este importante objetivo, extendiéndolo a proveedores. Japón, por su parte, no los mantiene en los primeros diez puestos de la lista, pues es un factor en el que ha llegado a unos claros niveles de excelencia, por encima de sus competidores.

Los *sistemas de control de producción e inventarios* sufren un descenso claro en EE.UU. y Japón debido en general a que ya se van obtenido buenos resultados en los distintos países. MRP (nacido en EE.UU.) y JIT (nacido en Japón)[13] son

[12] Véase J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulos 6 y 7). Asimismo, en el Apartado 2.2.1, recordar lo dicho sobre la importancia de estudiar los problemas y la estructura productiva con la que se trabaja al objeto de mejorarla, en lugar de aceptarla de forma pasiva y buscar los mejores medios para convivir con ella.

[13] NF significa que dicho plan no figuraba en el año en cuestión.

Cuadro 2.7. Evolución de los planes de acción en los países de la Tríada para conseguir las ventajas competitivas (1985-1989)[14]

Planes de acción más importantes	Europa		EE.UU.		Japón	
	1985	1989	1985	1989	1985	1989
Motivación del trabajo directo	1	6	NF	NF	NF	NF
Sistemas de control de producción e inventarios	2	3	4	10	4	7
Automatización de trabajos	3	NF	NF	NF	NF	NF
Integración de sistemas de información de fabricación	4	5	4	3	4	5
Calidad de proveedores	5	1	5	1	7	NF
Formación de supervisores	6	8	NF	NF	NF	NF
Integración interfuncional de sistemas de información	7	5	7	3	7	5
Desarrollo de nuevos procesos para nuevos productos	8	NF	2	NF	3	4
Reducción de plantilla	9	NF	NF	NF	NF	NF
Organización de la producción	10	NF	NF	NF	NF	NF
Control estadístico de procesos	NF	10	5	2	NF	NF
Desarrollo de una estrategia de operaciones	NF	NF	8	7	NF	NF
Reducción del plazo de fabricación	NF	7	NF	NF	10	1
Cero defectos	NF	1	7	6	NF	NF
Sistemas flexibles de fabricación	NF	NF	NF	NF	1	NF
Círculos de calidad	NF	NF	NF	NF	5	NF
Seguridad en el trabajo	NF	NF	NF	5	8	NF
Control estadístico de productos	NF	NF	10	NF	NF	NF
Análisis del valor	NF	NF	NF	NF	9	3
CAD (diseño asistido por ordenador)	NF	NF	NF	NF	NF	2
Reducción del tiempo de suministro de proveedores	NF	NF	NF	NF	NF	9
Introducción de nuevos productos	NF	2	NF	9	NF	6
CAM (fabricación asistida por ordenador)	NF	NF	NF	NF	NF	10
Enriquecimiento del trabajo	NF	NF	NF	NF	NF	8

ampliamente utilizados con muy buenos resultados. Europa lleva un cierto retraso, lo cual se revela en que el descenso en la clasificación es muy pequeño. La Unión Europea sigue dando importancia al *factor humano* y Japón se preocupa de mantener sus grandes logros a nivel de compromiso del personal con la empresa, como muestra su preocupación por procurar un enriquecimiento del trabajo en un entorno con mayor desarrollo tecnológico. En los tres bloques aumenta la importancia de los planes relacionados con la *integración de sistemas*.

Por último, diremos que, aunque la *automatización* no aparezca como un tema prominente en la clasificación, no significa que no se considere importante. En los tres bloques ocupa un puesto de interés en el futuro. Los norteamericanos la enfocan más a los procesos y a la inspección (buscando incrementos de calidad), los europeos a las oficinas (preocupados por elevados gastos generales) y los japoneses a la flexibilidad.

Es también destacable la importancia con la que irrumpe la introducción de *nuevos productos* en los tres bloques, lo cual refleja el creciente enfoque hacia el cliente y hacia la diversificación de las armas competitivas. Es interesante observar que, como muestran otros datos del estudio que venimos analizando, mientras que los japoneses pretenden conseguirlo a través de su estrategia de desarrollo tecnológico y flexibilidad, los americanos y europeos se muestran más

[14] Véase J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulos 4 a 7).

inclinados a llevarlo a cabo a través de adquisiciones de empresas con sus correspondientes productos[15]. En el tema de la expansión, se observa que los japoneses se inclinan más hacia la integración vertical hacia atrás con objeto de mantener bajo control la base técnica de sus operaciones.

Aparentemente, las empresas occidentales, más que seguir una secuencia, como al parecer han venido haciendo las compañías niponas, intentan hacer todo bien simultáneamente en el contexto actual de las operaciones (quizás porque intenten recuperar el terreno perdido ante unos competidores que siguen avanzando implacablemente en todos los terrenos). Una diferencia entre las firmas estadounidenses y las europeas es que estas últimas parecen dar más importancia a las actividades que pretenden el desarrollo de las personas y de la organización, mientras que las primeras se centran más en la calidad y en las tecnologías de la información, cuya problemática fue comentada anteriormente. La UE apuesta por la continuidad del vínculo entre empresa y trabajador, la inversión humana y la participación, la polivalencia profesional y, muy especialmente, por la *formación permanente*, que debe constituir «el gran designio de las comunidades educadoras» (CCE, op. cit., 1993, págs. 14 y 15). Por lo que respecta a Europa, el enfoque emprendido implica cambios en el tamaño de las organizaciones, en la fuerza de trabajo, en la tecnología y en otras variables, lo cual puede indicar el descartar estrategias competitivas tradicionales por otras nuevas, ello puede constituir una alternativa al enfoque más tecnológico de americanos y japoneses. Los autores de los estudios que venimos analizando se preguntan si el tiempo necesario para acometer con éxito dicha transformación no va a traer consigo el desplazamiento de Europa en la lucha competitiva en industrias en las que el cambio es acelerado.

Dicha opinión no parece ser compartida en la UE, donde a nivel institucional se reconoce la tremenda importancia de los distintos factores mencionados hasta ahora y de su **integración** de acuerdo con **estrategias coherentes**. Se resalta que, actualmente, los elementos determinantes de la competitividad van más allá del nivel relativo de los costes directos de los factores de producción, resaltándose la importancia de la calidad de la educación y la formación, de la eficacia de los procesos de dirección, de la organización y control de producción, de la calidad de productos y servicios (en pro de la cual se pretende lanzar una política europea), de la capacidad de introducir continuas mejoras en los procesos productivos, de la integración de los cambios sociales en la estrategias empresariales y de los esfuerzos en investigación y desarrollo (CCE, 1993, pág. 66). Este último aspecto constituye un medio básico en la UE para lograr un desarrollo industrial sostenible, el cual es uno de los objetivos marcados en las «orientaciones para una política de competitividad global», especialmente en lo referente a: I+D en tecnologías no contaminantes e incentivos económicos para la aplicación de resultados en los procesos y productos. Los tres bloques de la Tríada comparten su interés por la Investigación y Desarrollo como arma competitiva, como puede observarse en la evolución de los gastos por ese concepto reflejados en la Figura 2.5 (CCE, pág. 64*a*), donde se observa un estancamiento de los mismos en la UE (también en Japón) en el período 1991-1993 que preocupa a nivel institucional.

Para terminar este apartado, diremos que, **de las distintas innovaciones en producción, las que parecen haber mostrado más claramente su utilidad son:** *los programas de calidad, el control de procesos, desarrollo de una Estrategia de Operaciones, los métodos de planificación y control de materiales (especialmente MRP y JIT), la formación de directivos y trabajadores, las máquinas de control numérico y la integración de sistemas y el diseño asistido por ordenador.* La utilidad de todas estas aplicaciones se encontraban ya por encima de la media en 1988 (Miller y Roth, 1988, pág. 13).

[15] Como ejemplo reciente tenemos la adquisición de Rover por BMW (véase Jacobson, 1994).

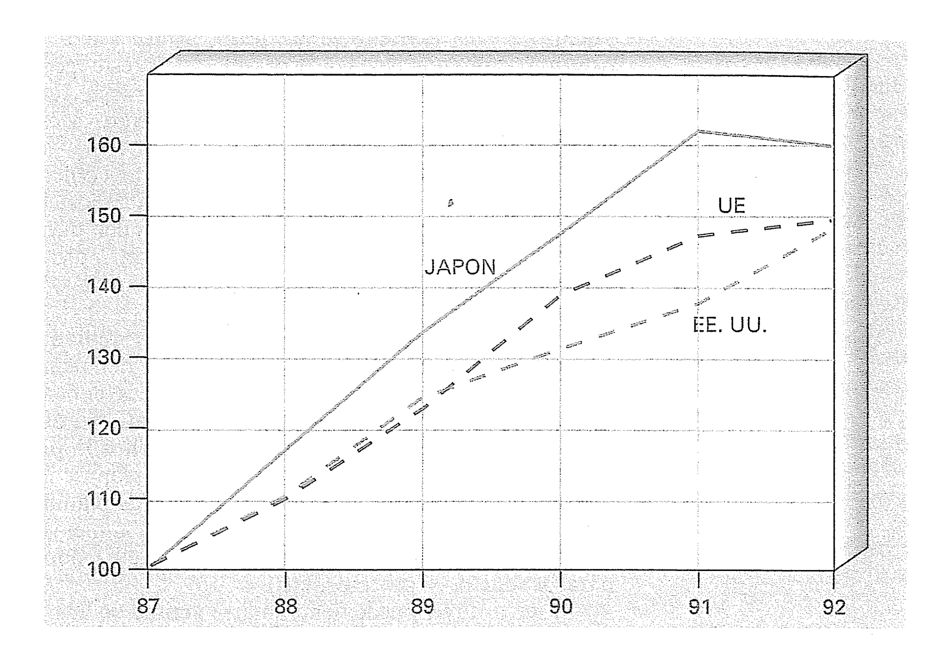


Figura 2.5. Evolución de los gastos de I+D en los países de la Tríada.

2.5. REFLEXIONES SOBRE LA DIRECCION DE OPERACIONES

De los apartados anteriores se desprende que el mundo empresarial se halla inmerso en un proceso de creciente internacionalización, de competitividad creciente y de desarrollo acelerado en tecnología de procesos y de gestión; los mencionados factores están estrechamente interrelacionados, de forma que son simultáneamente causas y efectos en la espiral del cambio vertiginoso que se está viviendo. Como hemos visto, la posición que cada empresa ocupe no depende únicamente de los factores externos, sino de su propia actitud ante el mencionado cambio. Como veremos seguidamente, en la práctica, encontramos distintos tipos de respuestas, que permiten clasificar las posibles actitudes en el contexto mencionado[16].

2.5.1. Actitudes ante el cambio e importancia de la formación

Como primera posibilidad, existe la que denominaremos **actitud pasiva**, la cual se caracteriza porque no hay conciencia de que los resultados obtenidos por la firma dependen enormemente de ella misma, de su dirección y gestión, de su actitud

[16] Para la clasificación que proponemos nos hemos basado en lo expuesto en los apartados anteriores y en los modos de respuesta expuestos en Edmondson y Wheelwright (1989).

ante el cambio, etc. Ello traerá consigo una impotencia ante los acontecimientos externos que impedirá reaccionar adecuadamente, pudiendo llevar, en el contexto actual, al fracaso empresarial. En el mejor de los casos, las empresas que siguen esta línea intentan recomponer los medios existentes sin inversiones sustanciales, recortar gastos innecesarios, etc., pero suelen mantener los mismos métodos (incluso no es extraño verlas pedir protección al gobierno contra el ataque exterior). Son muchas las experiencias de este género en el pasado que han colaborado al declive occidental; por desgracia, aún existen actitudes como la mencionada, típicas de una miopía en cuanto a la capacidad competitiva de la Función de Operaciones.

Respecto a este tema, es curioso observar cómo, a veces, son las compañías exitosas las que, confiadas en su aventajada posición del momento, son muy resistentes al cambio. No llegan a comprender que la superioridad de hoy no implica necesariamente la de mañana; como indica Harmon (1992, pág. XVI), basta con mirar la evolución de la lista Fortune 500[17] para comprender el hecho mencionado.

Una segunda vía es la que llamaremos **actitud seguidora**, la cual pretende corregir el desfase existente entre la posición de la empresa y la de los competidores en relación con las distintas prioridades competitivas. Para ello, adoptan enfoques, métodos y técnicas que han probado su utilidad en las compañías que ocupan posiciones de liderazgo, viendo en ellos la posible solución a sus problemas (por ejemplo: enfoque estratégico, conexión de las estrategias con los niveles intermedios e inferiores, métodos modernos de planificación y control de materiales (MRP, JIT, etc.), enfoque y métodos para la mejora de la calidad (por ejemplo: control de calidad total, control estadístico, etc.), adopción de nuevas tecnologías para productos y procesos, etc.).

El tercer nivel puede denominarse **actitud de liderazgo**, siendo la más agresiva de todas y constituyendo, sin duda, el motor del cambio. De acuerdo con ella, se trata de desarrollar capacidades que permitan a la empresa estar claramente por delante de sus competidores en las distintas prioridades competitivas que los consumidores valoran. Es esta actitud la que hace que las cotas conseguidas en estas últimas no permanezcan estables, sino que vayan creciendo con el tiempo a medida que las firmas líderes se adentran en un **proceso de mejora continua** que no deben abandonar si no desean correr el riesgo de ser desplazadas de la primera línea de excelencia. Debido al tremendo esfuerzo que supone mantenerse en posición de liderazgo, las empresas que están a dicho nivel son, lógicamente, mucho menos numerosas que las que hemos denominado seguidoras[18].

La tremenda y creciente competencia internacional y los enormes avances en el Area de Operaciones, tanto en tecnología como en métodos de dirección, gestión y control, empujan constantemente hacia dicho proceso de mejora, pues los líderes estarán continuamente avanzando sus posiciones. Los ya conocidos principios para conseguir la *excelencia en el Area de Operaciones* (simplificación, eliminación de desperdicios, respuestas rápidas, hacer las cosas bien la primera vez, mejora del control de procesos, etc.) y los métodos y técnicas que llevan a conseguirla[19] constituyen hoy una marca de excelencia productiva, pero, en un futuro no muy lejano, podrán convertirse sólo en condición necesaria para mantenerse en el mercado, pero no suficiente para seguir conservando la etiqueta de *empresa de clase mundial.*

[17] *Ranking* de las 500 empresas estadounidenses más importantes.

[18] Muchas de las empresas líderes pasaron previamente por el nivel intermedio, pero con la meta de llegar a las primeras posiciones.

[19] Véase J. A. D. Machuca y otros (1994).

Las firmas líderes deben aceptar el cambio como una oportunidad y crear una cultura empresarial que lo soporte; en ella, la innovación y el desarrollo tecnológico ocuparán un lugar prominente. Ante esta clara necesidad de aceptar el cambio como algo positivo, será necesario que la nueva cultura luche contra la resistencia al mismo que caracteriza a las organizaciones, especialmente cuando el camino es difícil y requiere un gran esfuerzo: en todos los niveles de la firma habrá que romper viejos moldes, cambiar hábitos de comportamiento y crear nuevos valores, introducir nuevos métodos, potenciar nuevos enfoques, etc. Ello requiere una visión clara por parte de la Alta Dirección, una gran capacidad de liderazgo y una apuesta clara por la formación, que debe extenderse y abrirse a todos los niveles. Es curioso constatar (Fukuda, 1981, pág. 130) cómo alrededor de dos tercios de las mejoras producidas en las firmas japonesas a través de los «grupos de empleados» procedían de la aplicación de las tradicionales técnicas occidentales de estudio del trabajo (véase Capítulo 6), que hasta entonces habían estado restringidas a un pequeño grupo de ingenieros en las empresas (Harmon, 1992, pág. 102). El proceso de formación debe tener el carácter de permanente, dado que ese es el carácter del cambio y que la complejidad de las actividades es creciente[20], alterando el tipo de las destrezas y conocimientos necesarios. El énfasis que pone la Unión Europea en el factor humano y en la formación a lo largo de toda la vida (CCE, 1993) es absolutamente coherente con lo que acabamos de decir; del mismo modo se pronunció en EE.UU. la comisión presidencial para la competitividad industrial (ver Moody, 1990, pág. 14). La educación en Dirección y Gestión de Operaciones se ha convertido en esperanza de futuro y debe intensificarse y adaptarse en el nivel universitario, con objeto de crear una cantera de directivos acorde con la nueva era (véase Apartado 2.6).

2.5.2. Importancia del desarrollo tecnológico

Es importante resaltar que la relevancia de las nuevas tecnologías para productos y procesos (véase Capítulos 10 a 12) va en aumento, constituyendo su desarrollo otra de las importantes causas del cambio en la Dirección de Operaciones. Las nuevas tecnologías no ocupan todavía el primer lugar en las prioridades competitivas y en los planes de acción de las empresas occidentales (en Japón ya vimos que sí); sin embargo, es de esperar que tendrán un papel cada vez más importante en nuestras empresas, dado su tremendo impacto en la mejora de resultados respecto a las prioridades competitivas vigentes. En este sentido hay que señalar el papel fundamental otorgado por la Unión Europea al desarrollo tecnológico y, dentro del mismo, al de las tecnologías de la información, a las cuales considera elemento clave para la competencia mundial en las próximas décadas (CCE, 1993, página 53).

Precisamente, uno de los grandes problemas de las firmas estadounidenses fue el no captar todo el potencial que encerraban las nuevas tecnologías (Gaither, 1992, pág. 174). Al pensar que, fundamentalmente, servían para disminuir costes de mano de obra, las compañías norteamericanas prefirieron la alternativa de realizar su producción en países con menores costes salariales, tales como Japón,

[20] Esto puede deducirse claramente de las páginas anteriores y se confirmará en los apartados siguientes.

Taiwan o Corea; ello trajo consigo la consiguiente transferencia de la tecnología existente y la falta de interés en mejorarla. Se incurrió en el clásico error de obtener ventajas a corto plazo a cambio del sacrificio de las enormes ventajas que habrían podido obtener a largo plazo con un adecuado desarrollo tecnológico: no sólo menores costes, sino mejor calidad, mayor rapidez en entregas y mayor flexibilidad. Las consecuencias son de todos conocidas.

2.5.3. Importancia de la integración

El tema de la importancia de la integración ha salido repetidas veces y con distintos matices a lo largo del presente capítulo, pero creemos que es necesario dedicarle algunas líneas más. En relación con el camino abierto por las nuevas tecnologías, es necesario tener en cuenta que, si bien son importantes los distintos elementos que de ella surgen (por ejemplo: robots, células de fabricación flexible, etcétera (véase Capítulos 10 a 12)), su potencial sólo se desarrollará completamente cuando se utilicen en un conjunto integrado y coordinado.

Afortunadamente existe una creciente concienciación en dicho sentido, paralela a la que se da en el área de la planificación, ejecución y control de las operaciones, que debe seguir un enfoque integrado y jerárquico (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994), de forma que se coordinen las estrategias con los objetivos a los niveles táctico y operativo. Sin una aproximación como la mencionada será difícil, si no imposible, caminar hacia la necesaria integración funcional, cada vez más cerca gracias a las nuevas tecnologías y a los nuevos métodos de dirección y gestión. Prácticamente todos los estudios que hablan del diseño de la *fábrica del futuro* muestran la necesidad de integrar, tanto en el área tecnológica como en la de gestión.

La integración no se ciñe sólo al seno del área de operaciones, sino que debe extenderse, internamente, al resto de las áreas y a todas las plantas y, externamente, a los clientes y proveedores. Como dijimos anteriormente, es necesario romper con el clásico enfoque analítico, que contempla las distintas funciones empresariales por separado y que, promoviendo los óptimos parciales, provoca más el conflicto que la cooperación, en detrimento de los resultados globales. Como indican Chase y otros (1992, pág. 177), en un contexto tradicional como el mencionado, las prioridades competitivas funcionan más como fuente de problemas interdepartamentales e interplantas que como algo que todos deben conseguir por ser requisitos derivados de los consumidores.

En un enfoque tradicional, en el que la Función de Operaciones no se considera como arma competitiva y se la relega del diseño estratégico, la falta de integración es aún más grave. Suele suponerse que dicha área puede asumir cualquier estrategia, surgida normalmente de la función de Marketing, en orden a obtener los objetivos empresariales. Dicha hipótesis no sólo es simplista y errónea, sino sumamente peligrosa; la falta de respuesta adecuada por parte de Producción puede tardar largo tiempo en percibirse y, para entonces, pueden haberse perdido oportunidades y cuotas de mercado. La integración debe comenzar, pues, con el establecimiento de estrategias realistas y continuar durante su desarrollo e implantación a lo largo del tiempo y en todos los niveles de la firma.

Cuando se detecte algún problema debe haber cooperación para buscar conjuntamente las causas y las vías de solución, en lugar de buscar culpables y desentenderse del tema. Por ejemplo, Ingeniería, Operaciones y Marketing deberían estudiar conjuntamente las posibles razones que impiden conseguir la velocidad deseada en la respuesta al mercado. La solución no será posiblemente presionar hasta el límite a fabricación, puesto que su aparente «lentitud» es sólo un síntoma de causas ocultas como, por ejemplo: tecnología anticuada, defectuosa formación de personal o problemas con los proveedores.

Son cada vez más los autores que defienden que las empresas mejorarían mucho sus resultados si estableciesen interacciones cooperativas internamente, así como con los clientes y proveedores, lo cual se facilitaría si se ampliase el concepto de servicio en la manufactura (Schonberger, 1990). Para conseguirlo, Chase y otros (1992, pág. 178 y ss.) proponen considerar definitivamente el servicio como el quinto objetivo básico de las operaciones, lo cual daría un nuevo significado a los otros cuatro (costes, calidad, entrega y flexibilidad) y ampliaría la restringida visión que del mismo se tiene hoy día (véase Capítulo 3).

Coincidimos con los mencionados autores al expresar que la factoría del futuro no será aquélla caracterizada únicamente por robots, ordenadores y máquinas flexibles, sino aquélla otra que los emplee de forma integrada, asociada con los métodos de planificación y control. Además, debe darse una integración funcional, así como un estrechamiento de relaciones con proveedores y clientes; en todos los casos, será crítica la consideración del factor servicio. Ello está en línea con lo que Chase y Garvin (1989) denominan la «factoría de servicios» (*The service factory*).

2.6. SOBRE LA FORMACION UNIVERSITARIA EN DIRECCION DE OPERACIONES

De los apartados precedentes se deduce la vital importancia del estudio de la Dirección de Operaciones en los centros de formación universitaria que preparan a los futuros directivos de las empresas, máxime cuando, con frecuencia, es dicho nivel el más reticente al cambio. Ha quedado claro que la trascendencia de la función productiva en el nuevo marco competitivo es incontestable y que la necesidad de formación en dicha área es inaplazable. Esta debe darse, en el marco de la formación permanente, a aquéllos que ya ocupan un puesto de trabajo (véase Apartado 2.5.1) pero, indiscutiblemente, las nuevas generaciones de directivos deben llegar a la empresa con el bagaje de conocimientos necesarios para impulsar el cambio y afrontar la nueva realidad, en la que se compite en un entorno globalizado y de cambio acelerado en tecnologías y métodos de gestión de operaciones.

La necesidad del estudio de nuestra disciplina y el incremento de interés acerca de la misma procede de tres fuentes: las empresas, las instituciones y los propios estudiantes. Respecto a las primeras, las páginas anteriores justifican ampliamente nuestra afirmación, las palabras de J. McGee, directivo norteamericano, en *Business Week* son bastante ilustrativas[21]: «las firmas norteamericanas están empezando a pedir que las Escuelas de Negocios les proporcionen graduados especializados en Operaciones y en Factor Humano... En el pasado el enfoque era en el Marketing y en los números..., ahora el énfasis es en el trabajo con nuevas tecnologías, mejoras de productividad y gestión de personal». Del mismo modo, comentamos la opinión del Gobierno y de diversos personajes y autores norteamericanos (Apartados 2.1 y 2.2.1), de la Unión Europea (Apartados 2.3.1 y 2.3.2), así como del colectivo estudiantil (Apartado 2.1), que ve una fuente de empleo de crecientes posibilidades y de gran interés y contenido. Sería ocioso,

[21] Citado por Schroeder (1993, pág. 10).

pues, insistir en la importancia del tema y en la absoluta necesidad de que la materia que nos ocupa tenga un papel relevante en los planes de estudio de los centros de formación en Dirección de empresas.

En la actualidad, la *American Assembly of Collegiate Schools of Business* establece que las Escuelas de Negocios acreditadas deben incluir cursos de Dirección de Operaciones en sus planes de estudio, tanto a nivel de Licenciatura (*Undergraduates*) como a nivel de graduados (Gaither, 1992, pág. vii).

2.6.1. Situación de la disciplina en la formación universitaria

A pesar de la anterior evidencia el mundo académico no ha sido esta vez la locomotora del cambio. El amplio debate existente a nivel empresarial no se ha correspondido con el de una mayoría de docentes e investigadores que, encerrados en su torre de marfil, vivían alejados de la realidad y de las necesidades que ésta implicaba, no cumpliendo con su responsabilidad social. Si las empresas despertaron con retraso a la batalla competitiva, las universidades tardaron aún más en reaccionar y, en algunos casos, por ejemplo, en España, muchas siguen dormidas. Aunque con retraso, presionadas por la sociedad, se fue produciendo afortunadamente un cambio de actitud en las universidades; en las Escuelas de Negocios estadounidenses se produjo un claro incremento de interés (Schroeder, 1993, pág. 10), que llevó a que, en los años 80, la Dirección de Operaciones fuese un curso presente en la mayor parte de los planes de estudio de las citadas escuelas (Tomes y Hayes, 1993, pág. 1). De una encuesta realizada a finales de los 80 (Raiszadeh, 1989) sobre una población de 625 centros norteamericanos, con un 69 por 100 de cuestionarios respondidos, se detectaba que **en el 98 por 100 de dichos centros se impartía, al menos, un curso básico de Dirección de Operaciones,** indicando además que **en un 78,6 por 100 de los mismos era materia obligatoria** para todos los estudiantes. Carecemos de datos de encuestas realizadas en Europa, pero estimamos que no se han alcanzado aún tan altos niveles como en EE.UU., siendo el retraso en nuestro país claramente superior.

Todavía al comienzo de los 90 era excepcional encontrar en España la asignatura de Dirección o Gestión de Producción en las licenciaturas de Ciencias Económicas y Empresariales y, aún más, en las diplomaturas de estudios empresariales; dicha materia, en general, bajo la denominación de Organización de la Producción, sí solía encontrarse en las Escuelas de Ingeniería Industrial. Nuestra esperanza de que, con los nuevos planes de estudio, se lograse eliminar el desfase existente no se ha visto realizada y la aparición de dicha materia ha sido tímida y absolutamente insuficiente. A pesar de su tremenda importancia para la empresa de nuestros días no se le dio el carácter de troncal a nivel nacional en las licenciaturas y diplomaturas de administración de empresas, lo cual habría sido lo adecuado, de forma que se reconociese el lugar que debe ocupar, al igual que otras áreas vitales como Finanzas y Marketing[22]. ¿Alejamiento de la realidad? ¿Insuficiente conocimiento del tema (absolutamente marginado por el economista durante décadas) y de su importancia? ¿Intereses creados?... Pensamos que quizás de todo un poco.

Esperábamos que lo que consideramos un error a nivel nacional se corrigiese con la elaboración definitiva de los planes de estudio en las universidades; sin embargo, comprobamos que nuestra esperanza fue de nuevo infundada. Asignaturas sobre producción aparecían tímidamente en algunos de los nuevos planes, con un escaso número de créditos (en comparación con otras materias con las que hubiese debido alinearse) y, frecuentemente, con carácter optativo. Sobre las razones podríamos hacernos las mismas preguntas que a nivel nacional; en una época de «restricción de créditos» ¿quién iba a defender a una materia de la que, en la mayor parte de los casos, ni siquiera existían profesores? Con una evidente miopía, el resultado para muchos centros ha sido perder una oportunidad única y retrasar nuevamente (¿por cuántos años?) la adquisición de unos conocimientos imprescindibles en cualquier directivo que quiera colaborar adecuadamente en la consecución de ventajas competitivas para su empresa.

[22] Se concedía, sin embargo, el carácter de troncal a materias instrumentales, como la Econometría, con criterio, a nuestro juicio, muy discutible.

2.6.2. El desfase entre las necesidades sociales y la oferta de profesionales en Dirección de Operaciones

En la situación actual en España, se hace difícil crear una adecuada cantera de posibles directivos del Area de Operaciones procedentes de licenciaturas y diplomaturas en administración de empresas. Afortunadamente, para las Escuelas de Ingenieros Industriales, tradicionalmente más receptivas a los temas productivos, éstas correrán mejor suerte, aunque como complemento indispensable, los planes de estudio de Organización Industrial deberían garantizar un conocimiento suficiente de las otras áreas de la firma. Flaco servicio se ha hecho a los licenciados y diplomados al limitar enormemente una creciente fuente de empleo (en producción y servicios) en un momento de paro generalizado. En EE.UU. las empresas acuden cada vez más a las Escuelas de Negocios buscando especialistas en Dirección de Operaciones (Gaither, 1992, pág. 5) con objeto de ir aumentando sus posibilidades competitivas en un mundo de competencia feroz y globalizada. Dicho día está lejano para aquellas Facultades y Escuelas que no suministren suficientes conocimientos en la materia. Pensamos que ésto no sólo es malo para los actuales estudiantes, sino muy negativo para las empresas, a las que se les limita la fuente de suministro de su mejor activo, el capital humano, máxime cuando es cada vez más necesario que éste sea a la vez especialista y generalista, con objeto de facilitar la integración de funciones.

Coincidimos plenamente con Adam y Ebert (1992, pág. 694) al opinar que los directivos del Area de Operaciones no deben ser simplemente especialistas en ingeniería, economía o métodos cuantitativos, sino que, en la mayor parte de los casos (aunque pueda haber situaciones concretas en que no sea así), deben tener un gran componente de generalistas, junto con un elevado conocimiento de la Dirección y Gestión de Operaciones. Existe además una tendencia en ese sentido; ya en 1988, una encuesta realizada a las 100 primeras empresas que aparecían en el *ranking* Fortune 500 de firmas manufactureras estadounidenses (White y otros, 1988) revelaba que el 56 por 100 de los directivos del área de control de producción procedían de Escuelas de Negocios, frente a un 36 por 100 de Ingeniería y un 8 por 100 de otras ramas. Es lógico pensar que en puestos de más alto nivel, más cercanos a las decisiones estratégicas, dicho porcentaje aumente. Del mismo modo, y por la propia naturaleza de las firmas, también debería ser mayor en las empresas de servicios.

Por otra parte, aquéllos que vayan a desarrollar su labor profesional en otras áreas empresariales, no conocerán en absoluto o conocerán muy superficialmente una función cuya importancia es vital, no sólo para la industria, sino para el creciente sector de los servicios. Esto resulta especialmente grave en un campo,

el de la Administración de empresas, en el que la dirección y gestión integrada es una absoluta necesidad. El escaso o nulo conocimiento de un área ayuda poco a la comprensión de su realidad, de sus problemas, de sus interacciones con el resto de la compañía y de su tremenda importancia. Por el contrario, favorece el conflicto interdepartamental y las decisiones erróneas. Como ejemplo, L. C. Thurow, decano de la Sloan Management School del MIT, citaba la reticencia de los directivos a invertir en fundición continua como una de las principales causas del declive de la industria americana del acero: «Construimos nuestro primer horno de fundición continua 6 años después que los japoneses. Un horno de este tipo era una apuesta de un billón de dólares en algo que no se conoce» (L. C. Thurow, 1987). Del mismo modo, desde el desconocimiento y con una extendida visión del corto plazo, ¿quién va a invertir en «costosos» sistemas de planificación y control de la producción o va a impulsar el desarrollo y la integración de costosas nuevas tecnologías? O en el área comercial, ¿cuántas magníficas y onerosas campañas publicitarias generaron enormes expectativas en los consumidores, incrementando potencialmente la cuota de mercado, para fracasar más tarde porque no se tuvo en cuenta la capacidad de respuesta del Subsistema productivo ni su necesaria adecuación previa[23]? De nuevo el desconocimiento de la cuestión y el alejamiento del director de producción de las decisiones estratégicas está en la base del fracaso.

Por todo ello, tanto en la Universidad como en la empresa se necesita cada vez más una comprensión sistémica de la producción y los servicios y de su relación con otras áreas funcionales, lo cual requiere nuevos enfoques para la formación. Afortunadamente, existe una concienciación creciente sobre este tema[24].

2.6.3. Objetivo del contenido de la disciplina: cerrar el desfase entre teoría y necesidades reales

La Dirección de Operaciones debe ser, lógicamente, una disciplina en evolución cuyo contenido ha de adaptarse a la realidad de las firmas y de su entorno. Por desgracia, la adecuación no siempre ha sido la debida.

El crecimiento en tamaño y complejidad de las empresas en la segunda mitad del siglo XIX dio lugar, en los comienzos de la disciplina, al desarrollo de los métodos derivados del análisis de la Ingeniería Industrial, que perseguían la ejecución correcta de las tareas y procesos, así como su mejora para incrementar la productividad (Taylor, Fayol, Gilbreth, Gantt, etc.). Más adelante, con la aparición de la fórmula de Harris para el cálculo del lote económico y, posteriormente, con los trabajos de Shewart sobre calidad, fue aumentando el rigor matemático de esta materia. La llegada de la Investigación Operativa (IO), tras la Segunda Guerra Mundial, trajo nuevas técnicas y aumentó significativamente el número de áreas tratables matemáticamente. Sin embargo, este incremento en el rigor matemático y en la preocupación por alcanzarlo se impuso al interés por el realismo y a la posibilidad de aplicación práctica. Citando a Hayes (1992): «los académicos cada vez enseñaban más cosas sobre menos aspectos y, conforme se concentraban en ganar el respeto de los académicos de otras disciplinas, fueron perdiendo poco a poco el respeto de las empresas». En los años 60, pocas veces los modelos matemáticos lograban demostrar, en relación con la práctica, ahorros superiores a un pequeño porcentaje. Del mismo modo, los análisis estadísticos se satisfacían con pequeños coeficientes de regresión (*Ibídem*). Siempre se encontraban excusas para justificarlo hasta que llegaron los japoneses en los años 70 y demostraron que las posibilidades de mejora eran enormes.

[23] Recuérdese el caso de la campaña de Telefónica basada en servicios y nuevas tecnologías (A. Estrada, 1989) que llevó su imagen al nivel más alto para pasar, más tarde, a un nivel más bajo que el existente antes de la campaña. Las razones son las apuntadas anteriormente.

[24] Véase, por ejemplo, Hayes (1992) y Singhal (1992).

La actitud de los universitarios occidentales, sumergidos en la abstracción matemática, se había caracterizado por la práctica aceptación del sistema productivo existente y de sus problemas, los cuales daban lugar a una serie de restricciones y parámetros que, supuestos invariables, servían para marcar el límite del óptimo a alcanzar. La historia ha demostrado lo erróneo de dicha **actitud pasiva**, caracterizada, además, por un **enfoque analítico y a corto plazo** que dio a nuestra disciplina su contenido tradicional durante largo tiempo. Dicho enfoque implica una serie de hipótesis y métodos muy restrictivos e irreales en ciencias sociales, tales como: cumplimiento de las leyes aditivas (válidas en las ciencias físicas, pero no aquí), optimización de objetivos parciales (en detrimento de los globales); en general, optimización respecto a un único criterio (frente al equilibrio entre múltiples objetivos en conflicto); fijarse en la técnica y proceso de solución más que en la formulación del problema y en la disponibilidad y exactitud de los datos, etc. Esto permitía pocas posibilidades de ayuda para mejorar la realidad, especialmente en un entorno que cambiaba de forma acelerada. En el sentido apuntado, G. Woolsey[25], especialista en IO, critica este alejamiento del mundo real, diciendo que los académicos habían descubierto que «era más fácil (y menos peligroso) resolver problemas que no fueran relevantes en la vida real, pues era más cómodo hacer matemáticas correctamente que implantar el método». Se daba un claro distanciamiento entre los académicos y las necesidades reales, que exigen un modelo válido, que tiene éxito cuando puede implantarse y mantenerse en la práctica.

En los años 60 empezaron a aparecer algunos textos que mostraban que la Dirección de Producción no era IO ni Ingeniería Industrial, aunque ambas eran utilizables en el campo más amplio que la disciplina empezaba a definir. Se empezó a poner **énfasis en el diseño del sistema y en los problemas**, con un **enfoque más sistémico**, en contraposición al más estrecho y analítico derivado de las técnicas optimizadoras. También se introdujo, por vez primera, **la denominación de Operaciones** para indicar que el campo objeto de estudio se extendía a las **empresas de servicio**.

Los años 70 traen consigo la expansión del uso de los ordenadores y la llegada del MRP para la planificación de las necesidades de materiales; su imparable difusión en la práctica, impulsada por la denominada «cruzada MRP» (a partir de la obra de Orlicky (1975) y del empuje de APICS (American Production and Inventory Control Society)) marca un nuevo hito en la Dirección de Operaciones.

La década de los 80 está marcada por el nacimiento del movimiento de «vuelta a la base» (véase Apartado 2.1), que hace renacer la importancia de la Función de Operaciones ante la necesidad de competir con las empresas japonesas. Recordemos que éstas, en lugar de aceptar las restricciones del sistema, habían identificado los problemas para ir, paulatinamente, reduciéndolos al mínimo, llegando a unos resultados impensables en aquella época. Dicho proceso, acompañado por el incremento de la capacidad organizativa y la expansión de la Función de Operaciones en la empresa, marca una dimensión estratégica desconocida hasta enton-

[25] G. Woolsey (1993), en un número monográfico de *Interfaces* dedicado al pasado, presente y futuro de la Investigación Operativa.

ces. Los especialistas estudian nuevos enfoques (JIT, MRP II, OPT) y nuevas tecnologías (FMS, CAD, CAM, CIM, etc.), que pasan a formar parte del corpus básico de la disciplina. Sólo entonces se marca claramente que la Dirección de Operaciones «salía de la fase IO para entrar en un claro reconocimiento como importante área funcional de la dirección de empresas» (Buffa, 1980, pág. 2).

Un estado de la cuestión publicado en 1981[26] identifica una serie de temas como fundamentales para académicos y profesionales. Estos son: nuevas tecnologías, nuevos sistemas, gestión de los fundamentos (aspectos tácticos y operativos) y desarrollo de un enfoque estratégico, resaltando además la necesidad de enfatizar en los servicios, los enfoques productivos japoneses y el control de calidad. En 1992, K. Singhal, responsable de la *Production and Operations Management Society*, indicó en el primer número de su revista la siguiente lista de temas de interés en Dirección de Operaciones (DO), la cual nos da una idea actualizada del tema que nos ocupa:

- Ambito interno de la DO (nuevas tecnologías y su gestión, sistemas de información de producción, instalaciones físicas, materiales y recursos humanos en producción y servicios).
- Ambito externo de la DO (globalización de la producción y los servicios).
- Interrelación con otras funciones empresariales.
- Estrategia de operaciones y elección de productos, servicios y tecnología.
- Previsión de demanda, planificación de la capacidad, diseño del subsistema físico, localización y distribución en planta.
- Diseño de los sistemas de planificación, programación y control de operaciones.
- Diseño de los sistemas de calidad y mantenimiento.
- Introducción de nuevos productos y nuevos procesos.
- Gestión de calidad total.
- Control (evaluación de resultados, medidas estratégicas de los mismos (coste, calidad, entrega y flexibilidad) y medidas de los resultados de las fases intermedias de producción).
- Medidas de referencia (del éxito, en relación con competidores, con la industria, etc.).

Es evidente que, aunque con retraso, va existiendo un intento de adecuación entre lo que ocurre en la realidad empresarial (véanse los apartados precedentes), que actúa como motor de cambio, y lo que se debe tratar a nivel académico. Sin embargo, como muestra un estudio realizado en 1989 en EE.UU. (país en el que, como dijimos, está ampliamente difundida la Dirección de Operaciones en los centros docentes), este desfase aún no se ha eliminado del todo en las distintas áreas de la DO, aunque los resultados eran esperanzadores. En este sentido, se observaba una intención explícita de incrementar el énfasis en áreas importantes aún no convenientemente cubiertas, tales como la estrategia de operaciones, los enfoques y métodos japoneses y las nuevas tecnologías. Del mismo modo, disminuía el interés en técnicas clásicas, tales como la gestión de inventarios, ligadas a la IO (Raiszadeh y Ettkin, 1989).

El conocimiento de la lista de temas de interés actual en la DO es condición necesaria, pero no suficiente para desarrollar convenientemente esta disciplina, pues como se desprende de las páginas anteriores, existen una serie de condiciones complementarias, las cuales hemos tenido en cuenta al desarrollar la presente

[26] En la revista *Decision Sciences* (citado por Chase y Prentis, 1987, pág. 10).

obra que, aunque publicada en dos libros diferentes[27], constituye un todo homogéneo e interrelacionado. Estas son:

- Desarrollar la disciplina de forma integrada, con un enfoque jerárquico, de modo que las decisiones de los niveles estratégico, táctico y operativo estén claramente relacionadas y coordinadas. Es frecuente observar que esto no ocurre en muchos libros de texto y programas académicos, donde a menudo aquéllas se exponen como elementos aparentemente inconexos y, muchas veces, desordenadas e incompletas. Esto dificulta la visión global y, con ello, la clara percepción de la compleja problemática de la Dirección de Operaciones.
- Buscar un equilibrio adecuado entre los aspectos ligados con el largo plazo (nivel estratégico) y aquellos otros relacionados con el medio y corto plazo (niveles táctico y operativo).
- Dejar claras las interrelaciones con otras funciones empresariales, haciendo ver cómo, en los distintos niveles decisionales, es necesario tener en cuenta la influencia recíproca. Se huye así de la estrecha visión analítica que lleva, en el mejor de los casos, a la suboptimización.
- Considerar la creciente relevancia de los servicios, haciendo referencias explícitas a los mismos cuando sus diferencias con las empresas de fabricación lo hagan necesario.
- Buscar un equilibrio en el contenido de los temas, de forma que todos ellos queden suficientemente cubiertos y que se tenga en cuenta su importancia, actual y futura, en la empresa.
- Colocar a los métodos y técnicas en su lugar, dejando claro que son un medio y no un fin en la DO; así como sus limitaciones, ventajas e inconvenientes.

Teniendo siempre en cuenta lo anterior, hemos desarrollado el siguiente contenido[28]:

Aspectos previos y de entorno

- — La Función de Operaciones como subsistema de la empresa.
- — Problemática de la Función de Operaciones.
- — La globalización de las operaciones.

Aspectos estratégicos

- — Objetivos, prioridades competitivas y estrategia de operaciones.
- — El diseño del Subsistema de Operaciones:
  - Elección y diseño de productos y procesos.
  - Decisiones sobre capacidad a largo plazo.
  - Decisiones de localización y distribución en planta.
- — Las nuevas tecnologías:
  - Automatización integrada de la producción y los servicios.
  - Las nuevas tecnologías y el diseño del Subsistema de Operaciones.
  - La gestión de la tecnología.

[27] El presente y J. A. D. Machuca y otros (1994).

[28] No hemos incluido la previsión de ventas por considerarla más propia de la asignatura de Marketing que, en España, se imparte de forma generalizada en los centros de formación en Dirección de empresas.

Aspectos tácticos y operativos

— Planificación, programación y control de materiales y de la capacidad:
  - En los distintos niveles (Planificación Agregada, Programación Maestra, Programación de Componentes y Programación a muy corto plazo).
  - Con distintos sistemas, en función de las características del caso (MRP/JIT/OPT/PERT, etc.).

— Gestión y control de la calidad.
— Gestión de inventarios de productos terminados.

Métodos cuantitativos

— Aparecen a lo largo de los diferentes capítulos y, cuando es necesario, su explicación teórica se realiza en un anexo.

Consideramos de gran importancia el que los docentes lleguen a impartir un cuerpo de conocimientos homogéneo, análogo en los distintos centros, de forma que los aspectos relevantes de la Dirección de Operaciones sean conocidos por todos aquellos que, algún día, ocuparán un puesto directivo en cualquier área de la empresa. Lógicamente, los créditos concedidos a esta materia en los planes de estudio constituyen una restricción (más o menos fuerte, según los centros) a superar en el futuro. En el presente harán falta, en muchos casos, buenas dosis de imaginación para intentar transmitir unos mínimos conocimientos a nuestros alumnos. Esto implicará un mayor esfuerzo por su parte (pues deberán trabajar más tiempo fuera del aula) y por la nuestra (pues deberemos facilitarles dicha tarea y motivarlos para que la realicen). El desafío es grande pero la causa merece la pena.

2.6.4. Algunas consideraciones sobre los métodos docentes

Es evidente que existe un gran número de circunstancias que influyen en la elección del método docente para una materia concreta, tales como: la formación y características del propio profesor, el número y el nivel de los estudiantes, el número de horas disponibles, la disponibilidad de recursos (audiovisuales, hardware y software, etc.), y la existencia o no de empresas cercanas cuyos directivos estén dispuestos a abrir sus puertas a la Universidad.

Por nuestra parte, pensamos que la lección magistral es un instrumento importante para transmitir una materia tan sumamente extensa y compleja, por lo cual deberá mantenerse como uno de los métodos básicos para hacer llegar los conocimientos mínimos requeridos. Si, además, se da la circunstancia de que existe masificación en el alumnado, se transforma en una vía casi indispensable. Sin embargo, la propia complejidad mencionada hace cada vez más necesario el empleo de métodos complementarios que permitan captarla al alumno en toda su extensión y de forma más activa. Entre ellos:

- Los tradicionales ejercicios y problemas.
- Descripción y discusión de situaciones reales.
- Estudios de casos.
- Visitas a empresas.
- Simulación en ordenador.

En algunos casos dichos métodos pueden ser utilizados conjuntamente. El caso extremo sería visitar una empresa real, de la cual se hubiese elaborado un modelo de simulación (con la simplificación adecuada). La problemática sería descrita por sus directivos y posteriormente discutida con los alumnos. Ello daría lugar al estudio de un caso, que podría simularse en ordenador con objeto de poder observar los efectos de las decisiones sobre la Función de Operaciones y sobre el resto de la empresa. Si no existiese dicha empresa real, podría hacerse algo análogo con una empresa hipotética. Los autores están trabajando en dicha línea, desarrollando simuladores (juegos) de empresas (basados en modelos de Dinámica de Sistemas) que hemos denominado «de caja transparente»[29] (en contraposición a los conocidos de caja negra), pues el usuario tiene acceso a la estructura interna del modelo. De esa forma, tras cada decisión, pueden analizarse las posibles causas de los resultados obtenidos y reaccionar en consecuencia, en lugar de trabajar mediante prueba y error. Dada esta característica y el enfoque sistémico que preside la elaboración de dichos simuladores, es más fácil captar la importancia y los efectos de aspectos complejos, tales como la integración interfuncional, los retrasos en los flujos de información y materiales, etc. Los resultados obtenidos hasta ahora con distintos grupos de alumnos y directivos son bastante esperanzadores (véase J. A. D. Machuca y otros, 1993b).

En relación con los métodos docentes, una encuesta mencionada anteriormente a profesores de DO mostraba los siguientes resultados para EE.UU. (Raiszadeh y Ettkin, 1989):

- Una amplia mayoría (97,2 por 100) mostraba un énfasis alto o moderado en la lección magistral.
- Un 32,9 por 100 señalaba el mismo tipo de énfasis por el método del caso.
- Un 42,4 por 100 mostraba alto o moderado interés en el empleo de microordenadores, mientras que el 57,6 por 100 no los utilizaba o les dedicaba escasa atención.
- Son pocos los que otorgan una atención alta o moderada a llevar el mundo real a las clases: visitas a empresas (9,6 por 100), películas y vídeos (10,1 por 100) y conferenciantes invitados (10,3 por 100).

Se deduce, en conjunto, que en EE.UU. la enseñanza ha permanecido bastante tradicional, salvo por el creciente uso de los ordenadores como apoyo complementario. Pensamos que en nuestro país el resultado de una encuesta análoga arrojaría resultados aún más tradicionales.

2.7. CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo del presente capítulo hemos intentado resaltar la importancia de la Función de Operaciones como arma competitiva. Se ha comprobado empíricamente que, actuando adecuadamente sobre dicha área, es decir:

- dándole una dimensión estratégica,
- marcando claramente las prioridades competitivas,
- buscando y eliminando las causas de los problemas,
- incorporando nuevas tecnologías en procesos y métodos de gestión,
- trabajando con un enfoque integrado,

[29] Véase J. A. D. Machuca y otros (1993a, 1993b).

- prestando especial atención al factor humano,
- potenciando la formación a todos los niveles,
- manteniendo un proceso de mejora continua,

pueden obtenerse resultados que, hace dos décadas, habrían resultado increíbles. Existe una concienciación al respecto en el mundo empresarial que, aunque con retraso, se ha ido extendiendo al mundo académico. Sin embargo, aún no se ha eliminado totalmente el desfase existente entre dichos ámbitos, siendo ello especialmente notable en España. Esperamos que en un futuro próximo, esto deje de ser cierto, lo cual traerá consigo indudables ventajas para el desarrollo de nuestros futuros directivos y, por tanto, de nuestras empresas. El presente capítulo y la obra en su conjunto pretenden colaborar en la toma de conciencia que deseamos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ABERNATHY y otros: «Industrial renaissance», Basic Books, 1983.

ACTUALIDAD ECONÓMICA: «Los guardianes del cliente», 14 marzo 1994.

ADAM, E., y EBERT R.: «Production and operations management», Prentice Hall, 1992.

BOWEN, D.; SIEHL, C., y SHEIDER, B.: «A framework for analyzing customer service orientations in manufacturing», *Academy of Management Review*, vol. 14, n.° 1, 1989.

BUFFA, E. S.: «Research in operations management», *Journal of Operations Management*, vol. 1, n.° 1, 1980.

BURMAN: «Challenge to integrate: A study mission report», *APICS*, 1985.

BUSINESS WEEK: «An ozone hole over Capital Hill», 4 abril 1988.

BUZELL, R. D., y GALE, B. T.: «The PIMS principles: Looking strategy to performance», The Free Press, 1987.

CCE (Comisión de las Comunidades Europeas): «Informe económico anual 1988-89», Dirección General de Previsión y Coyuntura, 1989.

CCE (Comisión de las Comunidades Europeas): «El empleo en Europa». Dirección General de Empleo, Relaciones Industriales y Asuntos Sociales. Luxemburgo, 1993.

CCE (Comisión de las Comunidades Europeas): «Libro Blanco sobre crecimiento, competitividad y empleo: Retos y pistas para entrar en el siglo XXI», 1993.

CHASE, R. B.; KUMAR, R., y YOUNGDAHL, W. E.: «Service based manufacturing: The service factory», *Production and Inventory Management*, vol. 1, n.° 2, 1992.

CHASE, R., y GARVIN, D.: «The service factory», *Harvard Business Review*, julio-agosto 1989.

CHASE, R., y PRENTIS, E.: «Operations management: A field rediscovered», *Research Report DS-87-06*, University of Southern California, School of Business, 1987.

COHEN, S., y ZYSMAN, J.: «Manufacturing matters: The myth of the post-industrial economy», Basic Books, 1987.

COHENDET, P.; LEDOUX, M. J.; VALLS, J., y SCHWARZ: «Europe-USA-Japan: Triad of Pacific Axis: Analysis of recent collaborative ventures», Comisión de las Comunidades Europeas, Programa Fast II, Contrato F5Z-0164-F, 1988.

COONEY, S.: «EC-92 and U.S. industry», National Association of Manufactures, 1989 (citado en McLain y otros, 1992).

DENTON, K.: «The service trainer handbook: Managing service business in the 1990's», McGraw-Hill, 1992.

DEPARTMENT OF LABOR: «Report of Bureau of Labor Statistics», EE.UU., 1979.

DILWORTH, J. B.: «Production and operations management», McGraw-Hill, 1993.

DRUCKER, P.: «The emerging theory of manufacturing». En: *The New Manufacturing*, Harvard Business Review Paperback, n.° 90080, 1991.

ESTRADA, A.: «Servicios públicos: Objetivo cambiar de imagen», *Dinero*, *312*, 1989.

EDMONDSON, H. E., y WHEELWRIGHT, S.: «Outstanding manufacturing in the coming decade», *California Management Review*, verano 1989.

FERDOWS, K.; MILLER, J.; NAKEM, J., y VOLLMANN, T.: «Evolving global manufacturing strategies: Projection into the 1990's». En: B. Twiss (ed.): *Operations Management in the 1990s*, MCB, 1986.

FINE, HAX A.: «Manufacturing strategy: A methodology and an illustration», *Interfaces*, vol. 15, n.° 6, 1985.

Forum Corporation: «Customer focus research: Executive briefing», 1988.

FUKUDA, R.: «Managerial engineering: Techniques for improving quality and productivity in the workplace», Productivity Press, 1983.

GAITHER, N.: «Production and operations management», The Dryden Press, 1992.

GARCÍA DELGADO, J. L.: «Economía», Espasa Calpe, 1985 y 1993.

GARVIN, D.: «Quality on line», *Harvard Business Review*, septiembre-octubre, 1983.

GOOCH, J.; GEORGE, M., y MONTGOMERY, D.: «America can compete», Dallas Inst. Business Technology, 1987.

HAYES, R. H.: «Production and operations management's new "requisity variety"», *Production and Operations Management*, vol. 1, n.° 3, 1992.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, J. C., y CLARK, D. B.: «Dynamic manufacturing», The Free Press, 1988.

HAYES, R. H., y ABERNATHY, W. J.: «Managing our way to economic decline», *Harvard Business Review*, julio 1980.

HAYES, R. H., y WHEELWRIGHT, S. C.: «Restoring our competitive edge: Competing through manufacturing», John Wiley and Sons, 1984.

HOLUSHA, J.: «How Harley-Davidson Outfixed the imports», *The New York Times*, 12 agosto 1990.

JACOBSON, M.: «BMW's Rover buy makes sense», *Professional Engineering*, 16 febrero 1994.

JASINOWSKI, J.: «Why manufacturing is essential to the American economy», *National Association of Manufacturers*, 1987.

JAIKUMAR, R.: «Postindustrial manufacturing», *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre 1986.

JAIKUMAR, R.: «Advanced manufacturing and technology policy», *Harvard Business School*, 1989.

KANTROW: «Survival strategies for American industries», John Wiley and Sons, 1983.

KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations management», Addison Wesley, 1990.

MACHUCA, J. A. D.: «Gestión de la producción y competitividad empresarial», Congreso ACEDE, Madrid, 1991.

MACHUCA, J. A. D. y otros: «Los juegos de caja transparente como nueva vía para la formación en dirección de

empresas», *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 2, n.° 1, 1993a.
MACHUCA, J. A. D.: «Systems thinking learning for management education. What are our ideas and how are we going about it in Sevilla?». En: E. Zepeda y J. A. D. Machuca (eds.): *The Role of Strategic Modelling in International Competitiveness*, The System Dynamics Society, 1993b. La versión española se expuso en el VIII Congreso Nacional AEDEM de 1994.
MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; MACHUCA, M. A. D.; RUIZ, A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1994.
MCLAIN, J.; THOMAS, I. J., y MAZZOLA, J. B.: «Operations management», Prentice Hall, 1992.
MEREDITH, J. R.: «The management of operations», John Wiley and Sons, 1992.
MILLER, J. C.; AMARO, A.; DE MAYER, A.; FERDOWS, K.; NAKANE, J., y ROTH, A.: «Closing the competitive gaps: The international report of the manufacturing roundtable», Boston University School of Management, 1989.
MILLER, J., y ROTH, A.: «Report on the 1986 American futures survey», Boston University School of Management, 1986.
MILLER, J., y ROTH, A.: «Manufacturing strategies executive summary of the 1988 North American manufacturing futures survey», Boston University School of Management, 1988.
MILLER, J., y VOLLMANN, T.: «The 1984 manufacturing futures project: Summary of North American survey responses», *Manufacturing Roundtable Research Report*, Boston University, 1984.
MONDEN, Y.: «El sistema de producción de Toyota», *IESE*, 1987.
MOODY, P.: «Strategic manufacturing: Dynamic new directions for the 1990s», *APICS*, 1990.
PRESIDENT'S COMMISION ENLISTS BUSINESS: «Higher education and national affairs», *Newsletter of the American Council on Education*, Ed. Forum Aid, 22 octubre 1984.
PROKESCH'S REPORT: «Flate after Darman's speech», *The New York Times*, 11 noviembre 1986 (citado por Hayes y otros, 1988).
PUCIK, V.; MANADA, M., y FIFIELD, G.: «Management culture and the effectiveness of local executives in japanese-owned U.S. Corporations», Ann Arbor, 1989.
QUINN, J. B.; DOURLAG, T. L., y PAQUETT, P. C.: «Technology in services: Rethinking strategic focus», *Management Review*, 79, 1990.
RAISZADEH, F. M., y ETTKIN, L. P.: «POM in Academia: Some causes for concern», *Production and Inventory Management*, 2.° semestre, 1989.
RICE, FAYE: «How to deal with tougher customers», *Fortune*, 3 diciembre 1990.
SCHONBERGER, R. J.: «Building a chain of costumers», The Free Press, 1989.
SCHROEDER, R. G.: «Operations management», McGraw-Hill, 1993.
SCHROEDER, R.; ANDERSON, J., y CLEVELAND, G.: «The content of manufacturing strategy: An empirical study», *Journal of Operations Management*, vol. 6 (405-416), 1986.
SCOTT, B.: «Manufacturing planning systems», McGraw-Hill, 1994.
SINGHAL, H.: «Introduction: Shaping the future of manufacturing and service operations», *Production and operations management*, vol. 1, n.° 1, 1992.
SKINNER, W.: «Manufacturing: The formidable competitive weapon», John Wiley and Sons, 1985.
SKINNER, W.: «Manufacturing: The missing link in corporate strategy», *Harvard Business Review*, 156, 1969.
STERTZ, B.: «Big three bost car quality but still lag», *The Wall Street Journal*, 4 abril 1990.
TAMAMES, R.: «Estructura económica de España», Alianza Editorial, Madrid, 1991.
THUROW, L. C.: «New MIT dean seeking better technical literature», *Houston Chronicle*, 15 junio 1987.
TOMES, A., y HAYES, M.: «Operations management», Prentice Hall, 1993.
WIGHT, O.: «Unlocking America's productivity potencial», CB Publishing Co., 1981.
WHITE, CH.; ADAMS, J.; DONEHOO, K., y HOFACKER, S.: «Educational and system requirement for production control», *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter, 1988.
WOOLSEY, G.: «Where were we, where are we going and who cares», *Interfaces*, vol. 23, n.° 5, 1992.



LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

3.1. INTRODUCCION: EL DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA EMPRESARIAL

La Estrategia de Operaciones debe encuadrarse en el marco más amplio de la **Estrategia Empresarial**, la cual *contiene los propósitos fundamentales y los objetivos a largo plazo de la firma, así como los cursos de acción y la asignación de recursos necesarios para alcanzarlos*[1]. De forma más precisa puede definirse como *el modelo decisional que revela las misiones y objetivos de la empresa, así como las políticas y planes esenciales para lograrlos, de tal forma que se defina la posición competitiva como respuesta a la clase de negocio en que la firma está o quiere estar y a la clase de organización que quiere ser* (Bueno, 1987, pág. 26). Aunque podríamos seguir citando definiciones de estrategia[2], consideramos que resultará más adecuado describirla en función de sus características y contenido.

3.1.1. Características de la Estrategia Empresarial

Hayes y Wheelwright (1984, págs. 27 y 28) consideran *seis características básicas* en las estrategias empresariales:

- Se refieren a actividades que implican un largo horizonte temporal.
- Para que sean efectivas, sus efectos han de ser significativos, aunque se tarde largo tiempo en apreciarlos.
- Requieren una concentración de todos los esfuerzos y recursos corporativos en una estrecha escala de objetivos priorizados.
- Requieren planificar las decisiones pues, en la mayoría de los casos, su desarrollo implica decisiones secuenciales que han de apoyarse unas en otras.
- Están presentes en todos los niveles y funciones de la corporación a lo largo de su vida, siendo imprescindible el esfuerzo coordinado de aquéllos para llevarlas a la práctica.
- Abarcan un amplio espectro de actividades y afectan tanto a las decisiones más trascendentales como a las del «día a día».

Por nuestra parte, añadiríamos *una característica más*, citada por muchos autores en los últimos tiempos, la cual hace referencia al propósito último de la

[1] Chandler, citado en Koontz y otros (1985, pág. 116).
[2] Véase, por ejemplo, Wheelen y Hunger (1990, pág. 7), Pümping y García (1993, pág. 2), Heizer y Render (1991, pág. 32), Garvin (1994, págs. 71-72) o Dilworth (1993, pág. 5).

estrategia empresarial: *dirigir las energías, capacidades y recursos de la organización a la construcción de una ventaja competitiva sostenible sobre sus competidores a lo largo de una o más dimensiones de rendimiento* (Hayes y otros, 1988, pág. 19). Por **ventaja competitiva** debe entenderse el área en la que la compañía sobresale y atrae a sus clientes, quedando fuera del alcance de la competencia; podría tratarse, pues, de un menor coste, un producto más innovador o un mejor servicio a los clientes (véase Capítulo 2). Lógicamente, es fundamental que esta ventaja sea **sostenible** puesto que, como vimos en el capítulo anterior, tarde o temprano, los competidores intentarán igualarla o mejorarla. Por ello, la cuestión es dirigir los esfuerzos hacia capacidades de la organización que, para los competidores, sean difíciles de lograr y mantener a largo plazo.

3.1.2. El contenido de la Estrategia Empresarial

De lo expuesto hasta aquí puede deducirse que la Estrategia Empresarial deberá incluir:

- La descripción de la situación actual de la empresa, de su entorno y de la forma de competir en él.
- Los objetivos corporativos y los planes o cursos de acción generales para lograrlos.
- La descripción de cómo ha de contribuir cada producto y función a los objetivos corporativos, la cual habrá de plasmarse en los planes mencionados.
- La distribución de los recursos entre los diferentes productos y funciones.

De acuerdo con ello, la **Planificación Estratégica**, como proceso de desarrollo de la Estrategia Empresarial, conecta la misión actual de la organización y sus condiciones ambientales, estableciendo una guía para la decisión y resultados de mañana[3]. Para conseguirlo es necesario desarrollar un complejo proceso que hemos resumido en la Figura 3.1.

Se comienza con el **Diagnóstico de la situación**. Este implicará, por una parte, un *Análisis Externo*, con el que la empresa pretende establecer el estado presente y futuro de su entorno general (economía, política, etc.) y del específico (mercado, competencia, tecnología, etc.), con objeto de determinar las *oportunidades y peligros* que presentan o van a presentar. Por otra parte, se realizará un *Análisis Interno* en el que se estudiarán los productos, mercados, situación financiera, instalaciones, etc.; ello debe permitir la formulación de los *puntos fuertes y débiles* de la firma. Si los puntos fuertes lo permiten, se intentará, de un lado, seleccionar la mejor forma de aprovechar las oportunidades del entorno para el logro de la ventaja competitiva y, de otro, se procurará reaccionar a tiempo ante posibles peligros, sobre todo si afectan a puntos débiles de la firma.

Teniendo en cuenta las condiciones del entorno y la situación de partida, básicas para el establecimiento de la Estrategia Corporativa, la compañía deberá establecer dónde quiere llegar, para lo que procederá al **desarrollo de Objetivos Corporativos** (a largo plazo): rentabilidad, ventas, productos, crecimiento, etc. Estos tendrán que ordenarse en función de su importancia para la firma, determinándose así las **Prioridades Competitivas** a nivel global.

[3] Véase, por ejemplo, Adam y Ebert (1992, pág. 40) y Krajewski y Ritzman (1990, pág. 21).

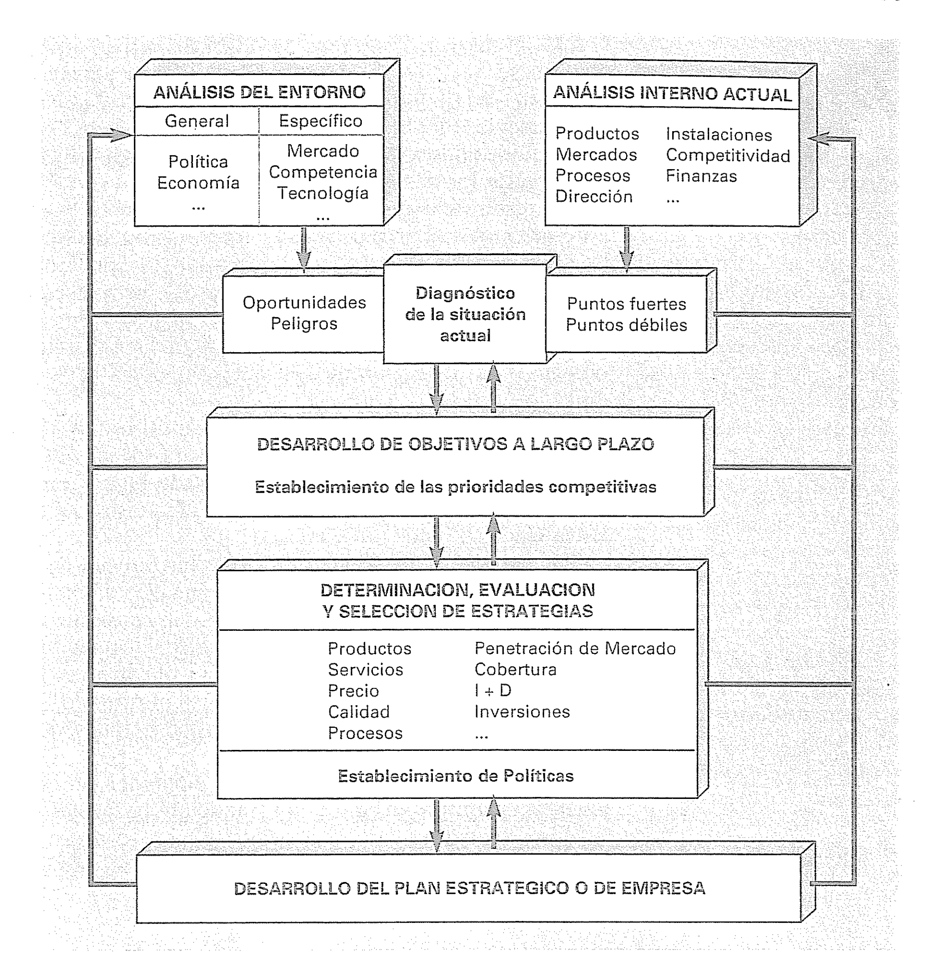


Figura 3.1. Esquema del Proceso de Planificación Estratégica de la Empresa.

El siguiente paso será determinar cómo van a lograrse los objetivos establecidos, diseñándose las posibles **estrategias** o cursos de acción para conseguirlos; éstas se evaluarán en relación a las posibles reacciones de la competencia, las consecuencias sobre la firma, sobre las prioridades competitivas, etc. Hecho esto, se seleccionarán las más adecuadas, quedando establecidas así las líneas de actuación globales: productos o servicios, calidad y niveles de precio, penetración de mercado, cobertura geográfica, investigación y desarrollo, necesidades de nuevos procesos, inversiones en capital fijo, etc. Todo ello comprenderá la fase de **determinación, evaluación y selección de estrategias**; en ésta se iniciará, además, el proceso de concreción y formalización de la Estrategia Corporativa, mediante el establecimiento de las **Políticas**, o reglas para la toma de decisiones, mediante las cuales se consigue la coherencia general de las mismas (Garvin, 1994, pág. 75).

No obstante, la reflexión estratégica no puede detenerse aquí, pues de nada serviría todo lo anterior si de la decisión no se pasara a su puesta en práctica

(J.A.D. Machuca, 1982, pág. 366). En definitiva, aquélla sólo quedará culminada cuando se haya establecido el **Plan a largo plazo** o Plan Estratégico, también denominado Plan Estratégico Corporativo[4], Plan de Empresa Estratégico[5] o, simplemente, Plan de Empresa[6], el cual refleja los objetivos, estrategias, políticas, etc., establecidas anteriormente, y viene expresado en términos monetarios en la mayoría de los casos[7].

En cada una de las fases mencionadas existe retroalimentación hacia las anteriores. Así, por ejemplo, la formulación de una estrategia podría mostrar la necesidad de alterar los objetivos o las prioridades competitivas. Además, y aunque no aparezca en la Figura 3.1, será necesario un estricto **control de la ejecución y desarrollo** del Plan Estratégico y de las Políticas, así como de sus resultados y de la eficiencia lograda en la consecución de los Objetivos Corporativos. La detección de desviaciones podría llevar, en su caso, a alterar lo planificado.

El término Planificación Estratégica, utilizado aquí en sentido amplio, podría contemplarse en un sentido más estricto, en el que sólo comprendería las dos últimas fases señaladas; así es considerado bajo el enfoque de la Dirección Estratégica, el cual engloba a las tres primeras fases dentro del denominado **Análisis Estratégico** (Bueno, 1987, pág. 31).

De otro lado, existen autores que introducen en este proceso el concepto de **iniciativas estratégicas** (Garvin, 1994, pág. 73), el cual hace referencia a *actividades de un área de la empresa cuyo objetivo es la consecución de determinadas mejoras en un período de tiempo concreto.* Con ellas se pretende disgregar las estrategias en líneas de acción más concretas y a un plazo más corto para conseguir que los esfuerzos sean mejor coordinados, más continuados y mejor dirigidos en pro del desarrollo estratégico. Deberían establecerse, pues, de forma simultánea y coordinada con las políticas.

Lo hasta aquí expuesto da una idea del proceso de determinación de la Estrategia Empresarial. A continuación pasaremos a desarrollar las diferentes fases mencionadas anteriormente, pero centrándonos en el relevante papel (véase Capítulo 2) que desempeña la Dirección de Operaciones en cada una de ellas.

3.2. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL: ANALISIS EXTERNO E INTERNO

Las variables medioambientales fijan los límites en los que actúa la firma; por tanto, sólo poseyendo la información necesaria sobre el entorno en su totalidad puede una empresa comenzar a establecer una misión y a apoyar su estrategia. Como se desprende del capítulo anterior, el conocimiento de las oportunidades y peligros que pueden presentarse, así como de los puntos fuertes y débiles de la empresa, es básico para adaptarse a las cambiantes circunstancias y establecer los objetivos y estrategias que permitan obtener una ventaja competitiva real. Pasemos pues a analizar brevemente ambos aspectos.

---

[4] Véase, por ejemplo, Aquilano y Chase (1991, pág. 401), Dilworth (1993, pág. 146) o Bueno (1987, página 322 y ss.).

[5] Véase, por ejemplo, Pendleton (1980, pág. 38) o Melnyk y González (1985, pág. 126).

[6] Véase, por ejemplo, Dilworth (1993, pág. 146), Iemmolo (1983, pág. 27) o Krajewski y Ritzman (1990, pág. 483).

[7] Véase, por ejemplo, Wallace (1984, pág. 4) o Aquilano y Chase (1991, pág. 401).

3.2.1. Análisis del Entorno

Esta fase aborda todos los aspectos externos que afectan o pueden afectar a la actividad empresarial y, por tanto, a su Estrategia. En el apartado anterior enumeramos algunos de los factores influyentes, los cuales pueden clasificarse diferenciando entre *entorno social o general*, que afecta a todas las corporaciones de una sociedad dada, y *entorno específico o particular*, que influye más directamente a cada empresa en concreto. Dado el amplísimo grupo de condiciones que ambos abarcan, es evidente que su análisis se haría excesivamente extenso para el contexto en que ahora nos movemos; el Cuadro 3.1 da una visión más amplia de la cuestión (a partir de Bueno (1987, pág. 37 y ss.))[8]. Por nuestra parte, vamos a limitarnos a aquellas características que más directamente condicionan el marco competitivo en el que ha de moverse la Estrategia de Operaciones, sin que ello signifique que las demás no tengan influencia sobre la misma. Dado que ya fueron comentadas en el capítulo anterior, nos limitaremos aquí a enumerarlas y ordenarlas, estructurándolas de la forma siguiente:

- *Globalización de la competencia* (véanse Apartado 2.3.1 y Capítulo 13), caracterizada por la internacionalización de los mercados, la proliferación de las empresas multinacionales, altos niveles de productividad y calidad, bajos costes de mano de obra (bien por la automatización de procesos, bien por la localización en países con mano de obra barata) y fluctuación de las circunstancias financieras internacionales.
- *Rápida evolución de la tecnología* (véanse Apartados 2.3.2, 2.3.5 y Capítulos 10 a 12), tanto de los procesos de producción como de la gestión. La primera provoca incrementos de los costes fijos, reducción de los variables e incrementos de calidad y flexibilidad; la segunda permite un mejor aprovechamiento de los factores, con más altas cotas de productividad y flexibilidad, así como menores costes.
- *Importancia creciente de los Servicios* (véase Apartado 2.3.4).
- *Escasez de recursos productivos*, que puede implicar largos tiempos de suministro o incluso no disponibilidad de los mismos.
- *Responsabilidad social de la empresa* (véase Apartado 2.3.3).

Tras la realización del análisis del entorno, la empresa debe poder identificar las **oportunidades** y **peligros** que éste presenta. De acuerdo con las nuevas condiciones de la demanda, de las nuevas tecnologías, de nuevas normas de seguridad o calidad o, incluso, de protección medioambiental, las *oportunidades* pueden suponer la posibilidad de incrementar la cuota de mercado de los productos actuales, adelantarse a la competencia con otros nuevos o con modificaciones de los existentes, etc. Tan importante o más es identificar posibles *amenazas*, que, de ser detectadas a tiempo, podrán ser tenidas en cuenta al desarrollar las estrategias, evitando o atenuando los efectos indeseables que pudieran provocar. Entre ellas pueden encontrarse: el crecimiento de la cuota de una empresa competidora debido a nuevas estrategias de la misma; el surgimiento de barreras de entrada en mercados nuevos o actuales; los cambios en las circunstancias económicas, en la tecnología o en los productos de la competencia, que puedan llevar a alteraciones cualitativas o cuantitativas de la demanda.

---

[8] Para un estudio más extenso puede verse, por ejemplo, Bueno (1987, pág. 37 y ss.) o Pümping y García (1993, pág. 89 y ss.).

Cuadro 3.1. Clasificación de los factores del entorno

GENERAL			
Factores socio-culturales	**Factores económico-industriales**	**Factores tecnológicos**	**Factores político-legales**
∘ Mercado de trabajo. ∘ Indice de la conflictividad social. ∘ Sindicatos. ∘ Grupos sociales, étnicos y religiosos. ∘ Valores, actitudes, normas de vida y creencias. ∘ Defensa del consumidor.	∘ Crecimiento del P.I.B. ∘ Inflación. ∘ Paro. ∘ Evaluación de la productividad. ∘ Evolución de la Balanza Comercial. ∘ Recursos energéticos. ∘ Política industrial. ∘ Barreras de entrada.	∘ Política y presupuesto de I+D. ∘ Procesos y métodos productivos. ∘ Nuevas tecnologías. ∘ Conocimientos científicos y tecnológicos. ∘ Infraestructura científica y tecnológica.	∘ Situación política. ∘ Política económica. ∘ Legislación económico-administrativa. ∘ Fiscalidad.
ESPECIFICO (Estructura del sector)			
1. **Dimensiones o fuerzas competitivas** *Competencia actual* ∘ Tipo de competencia. ∘ Barreras a la movilidad y salida. — Activos especializados. — Costes fijos de salida. — Interrelaciones estratégicas. — Causas emocionales. — Restricciones legales y sociales. ∘ Ventajas competitivas. *Competencia potencial* ∘ Barreras de entrada. — Ventajas de coste de las empresas instaladas. — Diferenciación de productos.		— Economías de escala. — Necesidades de capital. — Disposiciones y reglamentaciones. — Costes cambiantes. — Acceso a los canales de distribución. ∘ Innovación tecnológica. *Negociación con agentes de frontera* ∘ Clientes. ∘ Proveedores. ∘ Estado. 2. **Concentración y tamaño del sector** 3. **Grado de madurez o ciclo de vida de la industria**	

3.2.2. Análisis Interno

Se hace necesario ahora realizar el **Análisis Interno o de la Empresa**, consistente en auditar su situación actual para establecer su posición de partida en cuanto a los recursos principales, los medios de que dispone y sus habilidades para hacer frente al entorno que se acaba de analizar (Bueno, 1987, pág. 141). Para tener una perspectiva más amplia debe analizarse también cuál ha sido el desarrollo que la ha llevado a dicha situación. El proceso de análisis será largo y complejo, pues debe incluir múltiples aspectos interrelacionados, tales como (Pümping y García,

1993, pág. 73 y ss.): perfil de la dinámica empresarial, perfil de asignación de recursos, análisis del área de actividad, análisis de capacidades, perfil del potencial de utilidad, perfil cultural de la empresa, análisis de la estructura de costes, análisis de los ciclos empresariales, perfil de valores, etc. No obstante, como ya hicimos en el apartado anterior, nos centraremos en aquellos factores más relacionados con la Estrategia de Operaciones. En este sentido, los aspectos esenciales a analizar pueden resumirse en seis categorías (McLain y otros, 1992, pág. 555 y ss.):

- *Análisis de las líneas de productos*: comportamiento de sus demandas, características básicas de sus procesos de obtención, tiempos de suministro, estabilidad de sus diseños, etc.
- *Análisis de la coordinación con otras áreas funcionales*, sobre todo con Marketing e Ingeniería.
- *Análisis de las instalaciones*: grado de flexibilidad y automatización, distribución, localización, funciones, etc.
- *Análisis del Sistema de Planificación y Control de Operaciones*: calidad y rapidez de la información que proporciona y emplea, adecuación de los horizontes de planificación, del sistema de control de calidad, de la gestión de los inventarios, etc.
- *Análisis de la mano de obra*: consistencia de las políticas de personal con la práctica, adecuación de los procesos de selección y formación, naturaleza de las tareas, autonomía de los trabajadores, etc.
- *Análisis competitivo*: comparación de la situación de la firma con la de sus competidores (costes, calidad, políticas de servicio y rendimiento).

Esta clasificación ha sido elaborada a partir de la desarrollada por Aquilano y Chase (1991, pág. 679 y ss.), los cuales sólo diferencian cuatro categorías, pues el análisis de la coordinación lo incluyen en el del Diseño del Producto y el análisis competitivo lo consideran como la conclusión del *Análisis Interno* (dado que no sería más que la fijación de la posición competitiva de la empresa establecida en base a aquél) y del *Análisis Externo* (dentro del que se incluye la competencia) previamente realizado. Existen otras clasificaciones[9] pero su contenido discrepa poco en los diferentes casos. Aunque todas son genéricas, cualquiera puede ser un buen punto de partida para la realización del análisis interno en lo que a Operaciones se refiere. Algunos autores aportan cuestionarios completos en los que se formalizan los aspectos a considerar dentro de cada categoría del análisis, así como la metodología de valoración a emplear en cada uno de ellos; uno bastante detallado es el propuesto por Aquilano y Chase (1991, págs. 680 y 683), el cual hemos resumido en el Cuadro 3.2.

A partir de cuestionarios como los citados se podrá obtener la información necesaria para determinar hasta qué punto se está cerca o lejos de la competencia, así como de la situación más adecuada para enfrentarse a las oportunidades y peligros del entorno. Se identificarán así *los puntos fuertes y débiles* de la empresa, que determinan su posicionamiento dentro de su sector de actuación. Para la realización del diagnóstico externo e interno pueden emplearse diversas técnicas, para cuyo análisis nos remitimos a las obras especializadas en esta materia[10].

---

[9] Véase, por ejemplo, Dilworth (1993, pág. 54), Pendleton (1980, pág. 37) o Stevenson (1990, pág. 29).

[10] Véase, por ejemplo, Wheelen y Hunger (1990, págs. 83 a 164), Bueno (1987, pág. 147 y ss.) o Pümping y García (1993, pág. 73 y ss.).

Cuadro 3.2. Cuestionario para la realización del Análisis Interno

EMPRESAS MANUFACTURERAS

Producto

A. Diseño

1. Amplitud de la línea de productos (estandarizada/mixta/personalizada).	A	B	C
2. Variaciones permisibles en las especificaciones de los componentes (P/A/M).	A	B	C
3. Coordinación entre Ingeniería, Marketing y Fabricación (P/A/M).	A	B	C
4. Diseño desde el principio antes que tomar como base los componentes actuales (generalmente/algunas veces/raramente).	A	B	C
5. Interesante para la producibilidad (P/A/M).	A	B	C

B. Introducción

6. Uso de procedimientos especializados de puesta en marcha (P/A/M).	A	B	C
7. Estabilidad del diseño después del comienzo de la producción (P/A/M).	A	B	C

Tecnología de la transformación

8. Grado de mecanización del ensamblaje del producto (P/A/M).	A	B	C
9. Grado de inspección y comprobación automática (P/A/M).	A	B	C
10. Grado de mecanización de la manipulación de materiales (P/A/M).	A	B	C
11. Grado de especialización del equipo (P/A/M).	A	B	C
12. Flexibilidad del equipo frente a cambios en el volumen, longitud de recorrido y variedad de productos (P/A/M).	A	B	C
13. Número de plantas de fabricación (una/pocas/muchas).	A	B	C
14. Cercanía de las plantas respecto a (proveedores/mercados/fuerza laboral).	A	B	C
15. Plantas especializadas en (productos/ambos/procesos).	A	B	C
16. Extensión de la producción en relación con la investigación y el desarrollo (P/A/M).	A	B	C
17. Volumen de subcontratación (P/A/M).	A	B	C

Sistema de control de operaciones

18. Inversión en sistemas de producción y control de inventarios (baja/media/alta).	A	B	C
19. Uso del inventario para equilibrar las etapas de producción (P/A/M).	A	B	C
20. Producción bajo pedido *versus* producción para inventario (bajo pedido/mixto/para inventario).	A	B	C
21. Estrategia de producción (nivelada/mixta/ajustada con la demanda).	A	B	C
22. Enfasis en el control de calidad (P/A/M).	A	B	C
23. Número de inspecciones a lo largo del proceso de fabricación (P/A/M).	A	B	C
24. Organización de la fabricación (por funciones/por proyecto/por producto).	A	B	C
25. Número de niveles de supervisión en la fabricación (pocos/varios/muchos).	A	B	C
26. Número de departamentos staff de apoyo a la producción (pocos/varios/muchos).	A	B	C

Mano de obra

27. Variedad de niveles de los trabajadores (reducida/media/amplia).	A	B	C
28. Contenido de la mayoría de los trabajos (de ciclo corto/medio/largo).	A	B	C
29. Grado de control del trabajador sobre el ritmo de trabajo (P/A/M).	A	B	C
30. Grado de discreción del trabajador o grupo de ellos en la planificación del trabajo (P/A/M).	A	B	C
31. Sistema de pago de salarios (sueldo/sueldo+output/output).	A	B	C

EMPRESAS DE SERVICIOS

Producto

1. Relación entre el tiempo de contacto directo del cliente con el sistema y el tiempo de creación del servicio (baja/media/alta).	A	B	C
2. Extensión de la mano de obra directa en la creación del servicio (poca/media/grande).	A	B	C
3. Los servicios principales son vistos como (profesionales/comerciales/artísticos).	A	B	C

4. Amplitud del servicio (estándar/mixto/personalizado).	A	B	C
5. Variabilidad de la demanda de servicios de los clientes (baja/media/alta).	A	B	C
6. Número de los principales elementos que definen el servicio (pocos/algunos/muchos).	A	B	C
7. Gama de servicios suplementarios (reducida/media/amplia).	A	B	C
8. Exclusividad del servicio respecto a la competencia regional (P/A/M).	A	B	C
9. Introducción de nuevos servicios importantes (rara/ocasional/frecuente).	A	B	C
10. Preocupación por las restricciones legales en la ejecución del servicio (P/A/M).	A	B	C

Tecnología de la transformación

11. Capacitación para alterar rápidamente la capacidad de servicio (P/A/M).	A	B	C
12. Grado de mecanización del servicio (P/A/M).	A	B	C
13. Cantidad de trabajo de preparación para obtener una unidad de servicio (P/A/M).	A	B	C
14. Número promedio de etapas del proceso que recorre el cliente para obtener el servicio (pocas/varias/muchas).	A	B	C
15. Enfasis en la eficiencia de la distribución de la instalación (pequeño/moderado/grande).	A	B	C
16. Enfasis en la estética de la distribución de la instalación (P/A/M).	A	B	C
17. Grado de especialización del equipo (P/A/M).	A	B	C
18. Número de centros de servicio (uno/pocos/muchos).	A	B	C
19. Tamaño del centro de servicio respecto a los competidores directos (pequeño/mediano/grande).	A	B	C
20. La localización específica de los centros se debe principalmente a (la conveniencia del cliente/la conveniencia de la empresa/otras).	A	B	C
21. Dependencia de los proveedores (P/A/M).	A	B	C

Sistema de control de operaciones

22. Inversión en sistemas de control de inventarios (baja/media/alta).	A	B	C
23. Extensión del uso de suministros para generar servicios (P/A/M).	A	B	C
24. Como principal inventario se considera (el espacio/las personas/los suministros).	A	B	C
25. Estrategia de servicio (nivel de servicio/mixta/ajustada con la demanda).	A	B	C
26. Variabilidad permisible en la programación de los servicios (P/A/M).	A	B	C
27. Habilidad para retrasar los pedidos de servicios (P/A/M).	A	B	C
28. Número de niveles de supervisión (pocos/varios/muchos).	A	B	C
29. Número de departamentos staff de apoyo al servicio (ninguno/algunos/muchos).	A	B	C
30. Métodos de asignación del personal de servicio (elección del cliente/mixto/elección del sistema).	A	B	C

Mano de obra

31. Tamaño de la fuerza laboral respecto a los competidores (pequeña/mediana/grande).	A	B	C
32. Variedad requerida de niveles de los trabajadores (reducida/media/amplia).	A	B	C
33. Utilización de buenos profesionales en la creación de servicios (ninguno/algunos/muchos).	A	B	C
34. Contenido de la mayoría de los trabajos (ciclo corto/medio/largo).	A	B	C
35. Ritmo de trabajo controlado por (el cliente/el trabajador/el sistema).	A	B	C
36. Sistema de pago de salarios basado principalmente en (honorarios/por horas/output o ventas).	A	B	C

(P/A/M = Poco/Algo/Mucho).

Instrucciones para obtener la puntuación:

1. Colocar un círculo en A, B o C dependiendo de la política que crea correcta (A, B o C corresponden al orden de los términos entre paréntesis).
2. Poner una X sobre A, B o C para identificar la política que actualmente se está usando.
3. Calcular el porcentaje de elementos correctos en relación con los elementos que ha sido capaz de responder (por ejemplo: los elementos que están marcados tanto con un círculo como con una X). Esto ofrece un porcentaje de alineación.

Guía General de Puntuación: 90-100 por 100 = Excelente; 80-90 por 100 = Bueno; 70-79 por 100 = Regular, 60-69 por 100 = Mal; por debajo del 60 por 100 = Muy mal.

3.3. LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

Concluido el Diagnóstico de la Situación, y siguiendo el proceso descrito en el Apartado 3.1, deberán establecerse los objetivos a largo plazo. Centrándonos en el campo objeto de la presente obra, se hace necesario definir el concepto de **Estrategia de Operaciones** (*Operations Strategy*)[11]. Para algunos autores, ésta consiste en *un plan de acción a largo plazo para la producción de los bienes o servicios de la corporación*[12]. No obstante, ello deja fuera dos aspectos fundamentales: la necesidad de que dicho plan contribuya al logro de la Estrategia Corporativa (Hayes y Wheelwright, 1984, pág. 29) y la necesidad de que sea una guía adecuada para el resto de la actividad del Subsistema (Schroeder, 1992, págs. 27 y 28). De acuerdo con ello, preferimos definirla como *un Plan a largo plazo para el Subsistema de Operaciones, en el que se recogen los objetivos a lograr y los cursos de acción, así como la asignación de recursos a los diferentes productos y funciones. Todo ello debe perseguir el logro de los objetivos globales de la empresa en el marco de su Estrategia Corporativa, constituyendo, además, un patrón consistente para el desarrollo de las decisiones tácticas y operativas del Subsistema.* Como se puede apreciar, se recoge también el aspecto «distribución de recursos», que siempre van a ser escasos y, por tanto, determinantes de la estrategia. Parece claro, pues, que hay seis *características fundamentales que habrá de cumplir la Estrategia de Operaciones:*

- Contener los objetivos a largo plazo del Subsistema, establecidos de acuerdo con los globales de la empresa.
- Establecer los cursos generales de acción (estrategias) del Subsistema que lleven a la consecución de la Estrategia Corporativa.
- Contener la distribución de recursos entre los diferentes productos y funciones del Subsistema.
- Constituir un patrón consistente para las correspondientes decisiones tácticas y operativas.
- Su implantación deberá conllevar un horizonte temporal de largo plazo y requerirá, normalmente, un conjunto de decisiones secuenciales encadenadas.
- Su impacto debe ser significativo.

De todo lo expuesto se deducen las dos *funciones básicas* que ha de cumplir la *Estrategia de Operaciones*: la primera, actuar como marco de referencia de la Planificación y Control de la Producción[13], de la cual es punto de partida; la segunda, marcar las pautas que permitan apreciar en qué medida el Subsistema de Operaciones está colaborando para alcanzar la Estrategia Corporativa. A continuación realizaremos algunas consideraciones que juzgamos de interés.

3.3.1. Posicionamiento y Diseño

Las decisiones que han de ser adoptadas en las diferentes fases de la Estrategia de Operaciones que vamos a analizar son clasificadas por algunos autores en dos

[11] Aunque algunos autores emplean también el término de Estrategia de Fabricación *(Manufacturing Strategy)*, nosotros utilizaremos la denominación Estrategia de Operaciones, pues ésta abarca la problemática de las empresas de servicios.

[12] Véanse, por ejemplo, Gaither (1992, pág. 47) y Schmenner (1979, pág. 126).

[13] Para un análisis del Sistema de Planificación y Control de la Producción, véase J.A.D. Machuca y otros (1994).

categorías, que pueden definirse y caracterizarse de la forma siguiente (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 19):

a) **Decisiones de posicionamiento**, que *afectan a la dirección futura de la compañía:*

- Fijación de objetivos a largo plazo.
- Establecimiento de las prioridades competitivas.
- Fijación de la gestión de la calidad.
- Selección de productos.
- Selección de procesos.

b) **Decisiones de diseño**, *concernientes al Subsistema de Operaciones y que implican compromisos a largo plazo:*

- Diseño del producto.
- Diseño del proceso.
- Mano de obra.
- Nuevas tecnologías.
- Capacidad.
- Localización.
- Distribución en planta.
- Aprovisionamiento.

De la Figura 3.1 y de lo anteriormente expuesto, se deduce que las decisiones de posicionamiento van a aparecer tanto en la fase de *Desarrollo de Objetivos a Largo Plazo y Establecimiento de Prioridades Competitivas*, como en la de *Determinación, Evaluación y Selección de Estrategias*, mientras que las decisiones de diseño se engloban dentro de esta última.

3.3.2. Ideas básicas a considerar en la determinación de la Estrategia de Operaciones

En el presente apartado resumiremos una serie de ideas, ya comentadas en el Capítulo 2, que han de ser tenidas en cuenta de forma ineludible para llegar a establecer una adecuada Estrategia de Operaciones.

En primer lugar, la *función de Operaciones es clave para el logro de la ventaja competitiva*. De hecho, un estudio realizado por Aaker (1989, pág. 91 y ss.) a ejecutivos de 248 empresas (con 1.157 respuestas analizadas), a los que se preguntó en qué aspectos estratégicos buscaban obtener una ventaja competitiva, reflejó que el 28 por 100 de ellos se pronunciaba por los de producción como los más importantes. Ello es lógico si se piensa que es a esta función a la que están asignados mayor cantidad de recursos humanos y financieros, por lo que si a la Estrategia de Operaciones no se le presta la atención necesaria, aquéllos pueden quedar infrautilizados o mal utilizados durante años.

En segundo lugar, *la Estrategia de Operaciones debe desarrollarse de forma integrada con la Estrategia Corporativa*, pues sólo cuando los directores de Operaciones participen activamente en la determinación de la misión y estrategias de la firma, podrán maximizar su contribución mediante el desarrollo de una Estrategia de Operaciones efectiva.

En tercer lugar, *las decisiones del Area de Operaciones han de estar conectadas con las del resto de áreas funcionales*, pues sólo de esta forma se asegurará una coordinación de esfuerzos para la consecución de la Estrategia Corporativa.

Lógicamente, esta idea de integración deberá ser cumplida por todos los subsistemas empresariales.

Por último, *la Estrategia de Operaciones debe buscar el equilibrio adecuado de los distintos objetivos que la presiden* en función de las prioridades competitivas que se marquen.

3.4. LOS OBJETIVOS DEL SUBSISTEMA DE OPERACIONES

Tradicionalmente, los objetivos a alcanzar por el Subsistema de Operaciones han venido centrándose en cuatro aspectos: **coste, entregas, flexibilidad y calidad**; sin embargo, en la actualidad está irrumpiendo con fuerza la consideración del **servicio** como quinto elemento a tener en cuenta (véanse Apartados 2.3.2 y 2.3.4). Como vimos en el capítulo precedente, la importancia relativa de los distintos objetivos no es algo general y estático, sino que, en un determinado momento, ésta depende de múltiples factores (por ejemplo: sectores y mercados) y, además, evoluciona a lo largo del tiempo. Por ello se hace necesario establecer para cada período cuáles son las **prioridades estratégicas o competitivas,** que, en el Cuadro 2.3, enumerábamos para el caso de Europa, Norteamérica y Japón entre los años 1983 y 1985. Un estudio desarrollado por Andersen Consulting en 1990 muestra las perseguidas por las firmas españolas con la implantación de nuevas tecnologías; entre ellas podemos citar (Martínez, 1992, pág. 152): mejoras de calidad (23,8 por 100), reducciones de costes (16,7 por 100), mejora de las entregas (12,7 por 100), mejora del servicio (10,3 por 100). No obstante, existen aspectos a tener en cuenta que difícilmente podrían contemplarse en unas tablas de datos tan agregados.

Deseamos también resaltar de nuevo que, a la hora de fijar las prioridades mencionadas, deberá intentarse conseguir ventajas competitivas sostenibles para la empresa; el objeto es hacerla sobresalir a niveles fuera del alcance de los competidores en algún área en que los clientes tengan un especial interés. La firma decidirá así su enfoque, determinando, en función de las cambiantes circunstancias, sobre qué objetivos se concentrarán mayores esfuerzos y sobre cuáles menos, de forma que se logre la ventaja competitiva perseguida. Por último, recordemos que (véase Capítulo 2):

- A medida que se consiguen niveles adecuados para uno de los objetivos (teniendo siempre en cuenta el alcanzado por los competidores), los planes de acción se dirigen hacia otros en los que es mayor el desfase.
- El logro de un cierto objetivo sólo constituirá una ventaja competitiva si implica superar en cierta dimensión a las empresas competidoras.

Tras las consideraciones anteriores, pasamos a analizar cada uno de los objetivos mencionados.

3.4.1. La reducción del coste

El **coste** expresa *el valor monetario de los bienes y servicios consumidos por la empresa* en el desarrollo de su actividad; se trata, pues, de un concepto que no surge hasta que se ha producido el consumo. Es evidente la importancia de la reducción de costes como arma competitiva de la firma: por una parte, es uno de los condicionantes fundamentales del precio de los productos y servicios que venden las empresas y, aunque este último no sea siempre el factor determinante a la hora de competir, mantiene un papel relevante (véase Capítulo 2); por otra parte, la disminución del coste aumentará el beneficio empresarial, por lo que siempre será una meta importante para cualquier empresa. La Dirección de Operaciones desempeña un papel fundamental en la consecución de la misma dado que la mayor parte de los costes se concentra en dicha área, especialmente en las empresas fabriles. A la hora de lograr reducciones de costes sin incurrir en decrementos de la calidad del bien o servicio, existen dos soluciones básicas:

- La *mejora del aprovechamiento de los recursos existentes* sin realizar inversiones (véase Capítulo 6), dando lugar a una disminución de los costes de mano de obra, de materiales, de desechos, etc.
- La *realización de inversiones* que mejoren la tecnología empleada e impliquen la consecución de economías de escala o de economías de alcance (véanse Apartados 7.2 y 10.2).

En ambos casos se persigue conseguir el objetivo a través de un aumento de la *eficiencia*. Esta variable y su indicador más relevante, la *productividad*, se estudiarán en el Apartado 3.4.1.3.

La importancia de la variable *costes* requiere el desarrollo de una correcta planificación y control de los mismos, lo cual implica un doble cálculo de éstos. En primer lugar, será necesaria su *determinación a priori*, es decir, antes de que se produzcan, lo cual se hará en función de una serie de hipótesis previas en relación con el beneficio y/o rentabilidad que se desea obtener y con el desarrollo de la transformación productiva. En segundo lugar, se hará necesario un *cálculo de los costes a posteriori*, es decir, una vez realizado el consumo real de factores, lo cual proporcionará los resultados reales obtenidos. La comparación de estos últimos con los previamente fijados descubrirá las posibles divergencias entre los mismos; a partir de ellas deberán estudiarse las causas y, en su caso, las medidas correctivas dirigidas a eliminarlas. Los procedimientos de determinación y control de los costes pueden ser muy variados y no entraremos en ellos, dejando este aspecto para las obras centradas en la Contabilidad Analítica. No obstante consideramos conveniente proceder a una clasificación resumida de los diferentes tipos de coste, pues van a ser empleados a lo largo de la presente obra. Después de ello, estudiaremos los conceptos de eficiencia y productividad.

3.4.1.1. *Clases de costes*

Comenzaremos clasificando los costes en función de su relación con la cantidad producida. De acuerdo con ello, se producen, por una parte, los **costes fijos (CF)**, que no varían con dicha cantidad (Q) y, por tanto, se consideran constantes para cierto período de tiempo (por ejemplo: la amortización de la maquinaria). Por otra parte, nos encontramos con los **costes variables (CV)**, que sí dependen del volumen de producción (por ejemplo: la materia prima), siendo una función creciente de ésta, CV(Q), que podrá adoptar diferentes formas según el caso concreto. El **coste total (CT)** es el equivalente monetario del consumo de todos los factores utilizados, igual a la suma de los dos anteriores y, por tanto, función creciente con Q: $CT(Q) = CF + CV(Q)$.

Otros conceptos de interés son los de coste unitario (o coste medio) y coste

marginal. El **coste unitario** es el coste por unidad de producto, resultado de dividir el coste correspondiente a un cierto volumen de producción por dicho volumen. Existirán, por tanto, el **coste total unitario** (CTu o CT*), el **coste fijo unitario** (CFu o CF*) y el **coste variable unitario** (CVu o CV*). Así, cuando se hable de CT*, CF* o CV*, nos estaremos refiriendo a costes por unidad de producto, los cuales pueden relacionarse con los de una producción concreta (CT(Q), CF y CV(Q)), de forma que $CT^*(Q) = CT(Q)/Q$, $CF^*(Q) = CF/Q$ y $CV^*(Q) = CV(Q)/Q$; de donde: $CT^*(Q) = CF^* + CV^*(Q)$. En cuanto al **coste marginal** (C'), es la variación producida en el CT como consecuencia de aumentar la producción en una unidad. En términos discretos vendría dado por el incremento del CT dividido por el correspondiente aumento de Q. Cuando estemos en el campo continuo, el C' vendrá dado por la derivada parcial del CT(Q) con respecto a Q.

Si se atiende a la *forma de imputación de los costes a los productos*, se distinguirán los **costes directos**, que son aquéllos que pueden calcularse e imputarse a un producto concreto (por ejemplo: en general, la materia prima o la mano de obra), y los **costes indirectos**, que, por afectar a varios productos, necesitan utilizar algún criterio para su distribución (por ejemplo: la amortización de equipos).

Si tenemos en cuenta *la forma en que se valora el coste*, nos encontraremos con: los **costes históricos**, que se valoran en función del precio de adquisición pagado por el bien o servicio consumido; los **costes de reposición**, que se valoran en función de lo que va a costar reponer el bien o servicio en cuestión, y los **costes estándar**, que son valorados en función de consumos predeterminados a un precio establecido a priori.

Según el nivel de utilización de la capacidad instalada podemos diferenciar entre **costes de infrautilización o subempleo**, causados por una utilización de las instalaciones por debajo de la capacidad productiva[14], y **costes de sobreutilización o sobrecarga**, provocados por producir por encima de la capacidad instalada.

Por último, podrían clasificarse también *a partir del área funcional en que se han generado* (por ejemplo: costes productivos, financieros, comerciales, etc.) o *en función de la naturaleza del factor consumido* (por ejemplo: costes de mano de obra, de materiales, de energía, etc.).

3.4.1.2. *Eficiencia y productividad*

La **eficiencia** puede ser definida como el cociente entre la salida útil y las entradas necesarias para conseguirla. Si los conceptos anteriores se miden en unidades físicas nos encontramos con la denominada **eficiencia técnica**, **Et**, la cual debe ser inferior a la unidad debido a una serie de factores tales como mermas, roturas etc., acaecidos durante el proceso de transformación. Cuanto más eficiente sea el sistema, mejor se utilizarán los recursos y más cerca de la unidad estará el valor de Et. Por el contrario, si utilizamos las unidades monetarias para expresar los valores de las entradas y salidas, obtendremos la **eficiencia económica**, **Ee**, la cual deberá ser mayor que la unidad, pues el proceso productivo debe generar un valor añadido que posibilite la supervivencia y el crecimiento de la empresa.

La **productividad** es sin duda el indicador por excelencia de la eficiencia (técnica o económica según el tipo de unidades empleadas en su evaluación), midiendo, para un cierto periodo de tiempo, la relación entre la producción

[14] Este no se añade al CT por estar ya incluido en él.

obtenida y la cantidad de factor(es) empleado(s) para obtenerla. Aunque, como se deduce de su definición, puede referirse a cualquier factor productivo, la más empleada tradicionalmente ha sido la referente a la mano de obra, medida como cociente entre las unidades de producto obtenidas y las horas de mano de obra empleadas. Sin embargo, un factor importante a tener en cuenta es que, en un contexto de creciente incremento de la tecnología y de reducción de la mano de obra en muchos sectores, la utilización exclusiva de la productividad de esta última como elemento de comparación puede resultar engañosa e, incluso, inadecuada.

Dado su importante papel a la hora de lograr una ventaja competitiva, una alta productividad constituye uno de los objetivos esenciales para las empresas. Como indicábamos en el Apartado 2.3.2, no sólo es importante el nivel que alcance esta variable en términos absolutos; es necesario tener en cuenta su valor en relación con la competencia y su tasa de crecimiento. En este sentido y en un ámbito macroeconómico, un estudio del American Productivity Center (Stevenson, 1990, pág. 16) compara el crecimiento medio anual porcentual de la productividad de la mano de obra en diversos países para el periodo comprendido entre 1981 y 1985, arrojando resultados contundentes (véase Figura 3.2*a*): el crecimiento de la productividad en Corea y Japón fue, respectivamente, 6 y 3 veces superior al de EE. UU. Otro estudio, desarrollado por el U.S. Bureau of Labor Statistics (Heizer y Render, 1991, pág. 19), muestra los resultados obtenidos para el caso de la productividad de la Economía global en el periodo 1980/87, los cuales coinciden prácticamente con el anterior (véase Figura 3.2*b*).

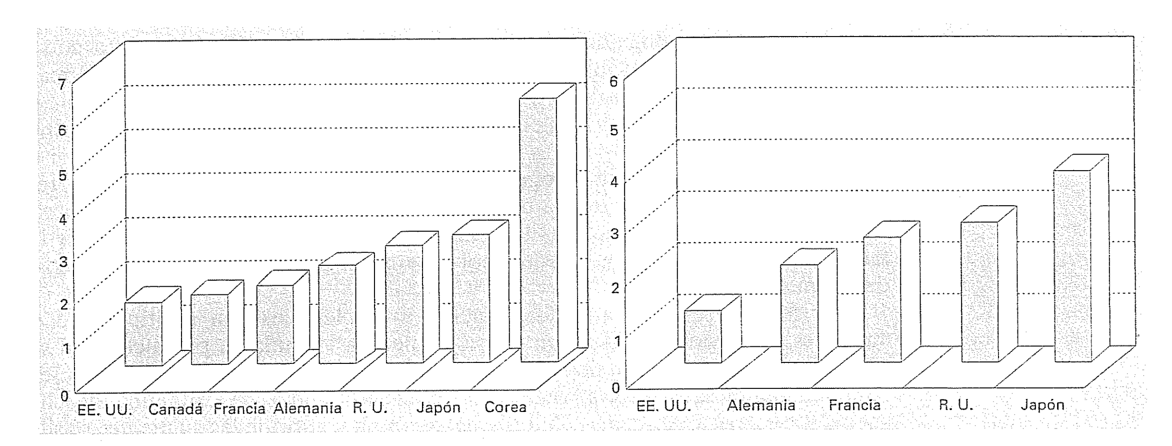


Figura 3.2*a*. Productividad de la mano de obra (PNB por empleado, 1981-1985).

Figura 3.2*b*. Productividad de la Economía global (1981-1987).

Aunque es más fácil conseguir estos incrementos para casos como el de Corea, en que se parte de un nivel bajo de productividad, no lo es tanto en el caso de Japón, que obtiene importantes aumentos a pesar de que, ya en 1979, partía de una posición muy superior a la norteamericana (véase Apartado 2.2.2). Teniendo en cuenta dichos resultados y la estrecha relación existente entre productividad, costes y beneficio, se comprende fácilmente la tremenda competitividad de los

países de la cuenca del Pacífico en el contexto actual de economía internacionalizada (véanse Capítulos 2 y 13). Aumentar la productividad significa producir más para una cierta cantidad de factores, lo que implica menores costes por unidad de producto. Ello puede traducirse en disminuciones de precios que impliquen un aumento de demanda o/y un aumento del beneficio unitario. En ambos casos se incrementará el beneficio total y, con ello, la posibilidad de realizar nuevas inversiones en tecnología, las cuales traerán consigo nuevos incrementos en productividad, pudiendo iniciarse de nuevo el ciclo mencionado. Lógicamente, los incrementos citados no deben ir en detrimento de otros objetivos como calidad y servicio, pues ello dañaría la demanda y reduciría o anularía los efectos mencionados.

3.4.1.3. *Formulación de la productividad*

Dado que el concepto de productividad está orientado a la medida, su numerador y denominador deben poder ser expresados numéricamente. Este hecho plantea una problemática amplia y compleja con tres aspectos fundamentales:

- **Imputación** o determinación de cómo los distintos factores contribuyen a la obtención del producto.
- **Medida** o elección del tipo de unidades a utilizar en el cálculo.
- **Formulación** de la relación a emplear, en función del objetivo concreto planteado.

Lógicamente, la dificultad en el cálculo de la productividad aumenta con la complejidad del sistema objeto de estudio. Así, en principio, será más fácil realizarlo para un centro de trabajo o un proceso concreto que para el Subsistema de Operaciones en su conjunto; en el primer caso, la producción es más homogénea que en el segundo y, por tanto, es más correcta su agregación en el numerador de la relación. En el caso de heterogeneidad en la producción obtenida se recurre a su homogeneización mediante la utilización de coeficientes, que se basan, generalmente, en la noción de precio. El mismo problema puede aparecer al medir los factores empleados, lo cual puede resolverse homogeneizando mediante el coste de los mismos.

Por lo que respecta a la formulación a emplear, existen multiplicidad de variantes, no siendo posible decir a priori que una fórmula de productividad sea mejor que otra; la elección dependerá de cada caso concreto y, aún así, nunca será completamente satisfactoria, pues los límites de validez de cada una de ellas suelen ser bastante estrechos. Todas ellas giran alrededor de las siguientes posibilidades (Waters, 1991, pág. 282):

- **Fórmulas de productividad total**: cociente entre la producción y todos los factores empleados.

- **Fórmulas multifactoriales**: relacionan la producción final con varios factores, normalmente trabajo y capital. El primero viene siendo el más comúnmente empleado; sin embargo, como indicamos anteriormente, dado el avance de las nuevas tecnologías en gran número de procesos y actividades, su importancia relativa ha disminuido en muchos sectores (véanse Capítulos 10 a 12).

- **Fórmulas de productividad parcial**: cociente entre la producción y un solo factor.

Al comienzo del presente apartado comentábamos la importancia de conocer la **evolución** de la variable objeto de estudio, es decir, *del incremento que ha experimentado en un período dado* expresado en términos porcentuales. Efectivamente, el conocimiento del incremento de productividad medido en términos absolutos es una información más imprecisa (poniendo un ejemplo extremo, no es lo mismo el aumento de una unidad cuando se pasa de 100 a 101 que cuando se pasa de 1 a 2; mientras que el primer caso implica un crecimiento del 1 por 100, el segundo trae consigo un salto del 100 por 100). En este sentido, el mencionado incremento puede medirse como 100 $(P_f - P_i)/P_i$, siendo P_f la productividad final y P_i la inicial.

Antes de terminar, conviene destacar que las fórmulas de productividad no muestran nada acerca de los recursos existentes en la empresa no empleados en la producción, es decir, de los recursos ociosos, cuya consideración puede ser importante para emitir un juicio definitivo sobre el significado de los resultados obtenidos en relación con la situación actual de la empresa[15]. Asimismo, es necesario resaltar que éstos no sólo dependen de causas procedentes de los factores de producción, las cuales abordaremos a continuación, sino que existen otras de enorme importancia. Por ejemplo, un aumento de la demanda puede provocar mayor productividad por aprovechamiento de la capacidad que antes era desaprovechada, sin que el equipo haya cambiado; un aumento de la productividad de la mano de obra puede venir de un cambio en la tecnología del proceso, sin que ello implique que la mano de obra trabaje mejor. Factores de este tipo no deben perderse de vista al emitir un juicio valorativo sobre la productividad y sobre las posibles desviaciones entre los valores previstos y los realmente alcanzados, así como al elegir la fórmula a emplear.

3.4.1.4. *Factores que inciden en la productividad*

Es evidente que la productividad global del Subsistema de Operaciones (y en buena medida, la de la empresa) vendrá condicionada por la obtenida para cada uno de los factores empleados en la obtención del producto o servicio, es decir, básicamente, materiales, equipos y mano de obra y terrenos y edificios. Merece la pena, pues, hacer un recorrido sobre cada uno de ellos con objeto de apreciar su importancia y las posibles medidas que, aplicadas sobre los mismos, ayudarían a aumentar su productividad, así como para justificar las decisiones estratégicas a las que haremos referencia más adelante. Para ello, nos remitimos al Cuadro 3.3, de cuyo contenido puede deducirse que las medidas destinadas a mejorar las decisiones estratégicas, tácticas y operativas de las operaciones van a tener su incidencia en la productividad.

---

[15] Imaginemos, por ejemplo, dos empresas A y B, cuyas productividades respectivas PA y PB sean iguales: PA = 600/400 = 1,5 y PB = 1.200/800 = 1,5. Supongamos, además, que los recursos totales poseídos sean 500 en el caso de la primera y 1.200 en el de la segunda. Esto implica que la utilización de los mismos será, respectivamente UA = 400/500 = 80 por 100 y UB = 800/1.200 = 66,6 por 100, lo cual nos muestra que hay información importante que no está contenida en las fórmulas clásicas de productividad y que éstas deberán utilizarse, por tanto, con muchas precauciones, especialmente si se emplean con fines comparativos.

Cuadro 3.3. Factores que inciden en la productividad

A. Los materiales

Constituyen un factor determinante para los costes de producción. Así, en algunas industrias, el coste de los suministros externos llega a representar el 60 por 100 (o más) del coste del producto terminado; también puede tener una gran importancia en el sector servicios, especialmente en el dedicado a la distribución. Las economías de material, directas o indirectas, pueden efectuarse en diversos momentos:

- Cuando se eligen y diseñan los productos y procesos (véanse Capítulos 4 a 6), eligiendo aquéllos que impliquen el menor consumo de materiales.
- Cuando se determina la localización de la planta (véase Capítulo 8), ubicándola en lugares que traigan los menores costes de adquisición o/y transporte.
- En la fase de fabricación, asegurándose de que el proceso se desarrolla adecuadamente, que los operarios estén debidamente capacitados y motivados, que el material se manipule y almacene debidamente, etc.

B. La mano de obra y el equipo capital

Deben ser empleados evitando los tiempos improductivos generados[16] por deficiencias en:

- *La selección y posicionamiento de productos* (véase Capítulo 4). Pueden ser perjudiciales las políticas que lleven a un excesivo número de modelos y opciones, pues ello reduce la posibilidad de automatización e implica pérdidas de tiempo en la preparación de máquinas y centros de trabajo al tenerse que obtener lotes pequeños de muchos modelos. No obstante, ello debe ser matizado teniendo en cuenta el tipo de configuración productiva empleada (véase Capítulo 5), las posibilidades que ofrecen las tecnologías de producción flexible (véanse Capítulos 10 y 11) y la importancia de otros objetivos como la flexibilidad y el servicio.
- *El diseño del producto* (véase Capítulo 4). Puede obligar a usar procesos costosos y lentos o a emplear componentes poco normalizados, que obligarían a fabricar lotes pequeños de muchos componentes diversos, lo que reduciría la posibilidad de automatización y de aprovechamiento de las *economías de escala* (véase Apartado 7.2). En empresas que trabajan sobre pedido, el cuidar que el diseño sea acorde con las exigencias del cliente evitará tener que rehacer o repetir el trabajo.
- *El diseño del proceso.* Por selección de máquinas de capacidad superior o inferior a la realmente necesaria, diseño inadecuado de las actividades u operaciones que entrañen: movimientos innecesarios, pérdida de tiempo y/o energías o selección de herramientas inadecuadas.
- *El dimensionamiento de las instalaciones* (véase Capítulo 7). Por posible subempleo (por excesiva capacidad) o por sobreutilización (llegando, incluso, a su saturación).
- *La distribución en planta* (véase Capítulo 9). Esta puede generar movimientos innecesarios, largos desplazamientos y, por tanto, pérdidas de tiempo.
- *La fijación de normas de calidad* (véase J.A.D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 11 y 12). Pueden provocar el rechazo de unidades aceptables (normas excesivamente estrictas) o a aceptar unidades rechazables (generando excesivas devoluciones).
- *El diseño del Sistema de Gestión de Personal.* Por defectos en la selección y formación (trabajadores inexpertos, faltos de formación, etc., que provoquen muchos desechos y repeticiones) o por fallos en la motivación y participación (que puede llevar a accidentes, absentismo, baja productividad, etc.)[17].
- *El sistema de Planificación y Control de la Producción.* Puede llevar a una gestión inadecuada que, a su vez, provoque tiempos muertos por ausencia de materiales, mala coordinación de las actividades de producción, inadecuado mantenimiento, etc.

C. Los terrenos y edificios

Su correcto aprovechamiento puede ser una causa muy importante de reducción de costes, particularmente cuando la empresa está en expansión y necesita ampliar sus locales. Toda reducción que se haga en el proyecto original antes de adquirir el terreno o de construir los edificios representa menos capital que inmovilizar (o renta que pagar), ahorro de impuestos, disminución de futuros gastos de mantenimiento, etc. Un correcto diseño del proceso y la distribución de la planta serán factores determinantes en ese sentido; también será relevante un proceso adecuado de planificación y control de la producción, que lleve a la utilización de menores volúmenes de inventario y a la consiguiente reducción de espacios de almacenamiento.

[16] Esto no debe ser considerado sinónimo de intentar utilizar el 100 por 100 de la capacidad de todos los recursos, lo cual puede ser perjudicial para la empresa (véase J.A.D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 7 y 8).

[17] Como expresan Sheets y Black (1988, pág. 53), citando a expertos en productividad, «cada vez se vuelve más evidente que intercambiar información con los trabajadores trae como consecuencia incrementos de productividad».

3.4.1.5. *El caso de los Servicios*

La dificultad para conseguir una adecuada productividad aumenta en el caso de las empresas de servicios, donde suele alcanzar valores bastante más bajos que en las empresas manufactureras. El citado estudio del U.S. Bureau of Labor Statistics pone de manifiesto que si, para el período en cuestión, sólo se considerasen estas últimas, el incremento de productividad en Estados Unidos sería cinco veces superior que el obtenido tomando la totalidad de las empresas, superando incluso al japonés (véase Figura 3.3). Resultados similares alcanza otro estudio desarrollado por Gilbert (1990, pág. 14) para el período comprendido entre 1980 y 1988. Esto ha llevado a muchos autores[18] a considerar el gran crecimiento del sector servicios como otro de los motivos importantes de la pérdida de productividad del conjunto de las firmas norteamericanas. Las causas de esta pobre productividad podrían resumirse en tres (Heizer y Render, 1991, pág. 25):

- Con frecuencia son empresas intensivas en mano de obra, en las que la mejora de la productividad vía tecnología se hace bastante difícil.
- El «procesamiento» del servicio es individualizado, no cabe la producción masiva y no pueden aprovecharse las ventajas de esta última (véase Capítulo 5).
- A menudo se trata de tareas intelectuales desarrolladas por profesionales, con posibilidad de grandes diferencias entre las mismas.

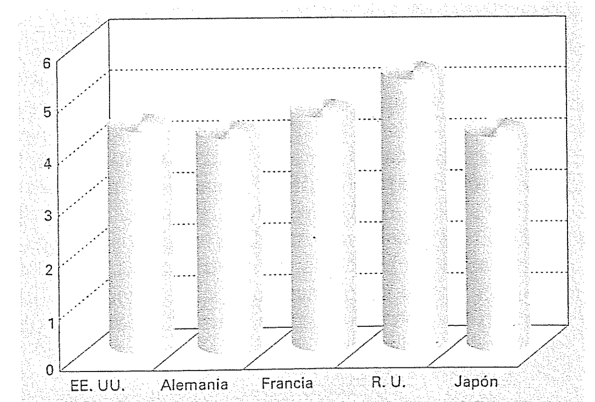


Figura 3.3. Incremento medio anual porcentual de la productividad de las empresas manufactureras de diferentes países de la Tríada (período 1980/87).

[18] Véase, por ejemplo, Heizer y Render (1991, pág. 19), Meredith (1992, pág. 48) o Dilworth (1993, página 16 y ss.).

De otro lado, es necesario destacar que, debido a la heterogeneidad de las actividades desarrolladas y de los servicios prestados, el problema de la medida de la productividad se complica notablemente en este caso. En un hospital, por ejemplo, a la hora de dividir el output entre el número de horas empleadas, los clientes tratados por un cirujano cardiovascular pasando consulta no pueden mezclarse con los operados de corazón, pues agruparlos no sería significativo.

3.4.2. Cumplimiento en las entregas

Este objetivo suele comprender básicamente dos aspectos, que configuran la denominada competencia basada en el tiempo (*time based competition*): «entregas rápidas» y «entregas en fecha». De acuerdo con ello se trataría de lograr:

- El menor tiempo de entrega posible, siendo éste el intervalo de tiempo que transcurre entre el momento en que se recibe un pedido y el instante de su llegada al cliente, entendida ésta como el momento en que está disponible para ser utilizado.
- Entregar en la fecha comprometida con el cliente el mayor número de pedidos posible, lo cual suele medirse en función del nivel de servicio, o cociente entre las entregas realizadas a tiempo y el total de entregas efectuadas.

El primero de los aspectos se refiere a la duración del tiempo de suministro mientras que el segundo se refiere a la posible variabilidad del mismo. Si distinguimos entre tiempo de suministro planificado (tiempo entre fechas previstas de emisión y recepción del pedido) y tiempo de suministro real (tiempo entre fechas reales de emisión y recepción), el primero de los aspectos mencionados pretende que este último sea el menor posible, mientras que el segundo va dirigido al cumplimiento del tiempo de suministro planificado, que en la situación ideal, debería igualarse al real.

La problemática del tiempo de suministro (TS) es realmente compleja. En configuraciones continuas (véase Capítulo 5) va a venir determinado básicamente por la cadencia de la cadena de producción y por la adecuación entre la demanda y la capacidad productiva; en configuraciones por lotes la cuestión se complica notablemente, pues cobra una gran importancia el tiempo de espera de un lote en cada uno de los centros de trabajo en que ha de ser procesado (éste, en situaciones extremas, puede llegar a suponer hasta el 95 por 100 del TS (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Apartado 1.4)). La longitud del TS va a depender, pues, de la selección y diseño del proceso (véanse Capítulos 5 y 6), de la capacidad instalada (véase Capítulo 7), de la tecnología aplicada y de la flexibilidad de la misma (véase Capítulo 11) y de la calidad de la planificación y control de la producción (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994). Estos tres últimos aspectos condicionarán también el nivel de servicio a clientes.

Además de los dos aspectos considerados, el objetivo *entregas* alcanza una mayor dimensión si se consideran otros factores relacionados con él, los cuales interaccionan claramente con los objetivos de calidad y servicio, tales como (Garvin, 1994, pág. 78):

- *Exactitud*, o coincidencia entre la cantidad entregada y la solicitada por el cliente.
- *Accesibilidad de la información* sobre el pedido, en cantidad y calidad adecuada, la cual deberá estar disponible en tiempo real para la empresa y el cliente.

- *Calidad correcta* del producto al llegar a su destino.
- *Facilidad de pedido*, de forma que el cliente tenga la mayor comodidad posible para su realización.
- *Flexibilidad de los pedidos*, intentando mejorar la libertad del cliente para elegirlos (por ejemplo: eliminando trabas como lotes máximos o mínimos, restricciones en las combinaciones admitidas de productos, etc.).
- *Facilidad de devolución*, o voluntad de la empresa para asumir el coste de devolución del producto.

3.4.3. La mejora de la calidad

Cierto es que el mundo empresarial se ha desarrollado de una forma impresionante en los últimos tiempos, provocando un gran variedad y tipos de ofertas capaces de satisfacer cualquier demanda que se genere. Esto, unido a la crisis actual, conlleva un sistema competitivo en el que variables tradicionales típicamente económicas, como el precio, han perdido importancia relativa (véase Capítulo 2). El consumidor se encuentra en un estado ideal para la elección del producto o servicio, decidiéndose por aquél que, dentro del rango de precios que se haya marcado, resulte más idóneo para su uso. Ese es precisamente el concepto de calidad que tiene el consumidor, la *adecuación e idoneidad al uso*; sin embargo, desde el punto de vista de la empresa, esa definición de calidad es insuficiente y hará falta algo más tangible para así poder crearla, desarrollarla y, como no, controlarla.

Si consultamos las definiciones que ofrecen los autores especializados en calidad, nos encontraremos con una gran variedad. Nosotros hemos optado por la recomendada por la Sociedad Americana de Control de Calidad (*American Society of Quality Control, A.S.Q.C.*) que la define como *conjunto de características de un producto, proceso o servicio, que le confieren su aptitud para satisfacer las necesidades del usuario.* Esta elección ha sido debida a que el resto de las definiciones se basan, generalmente, en la «satisfacción generada en el usuario», variable más compleja de estimar ya que entra de lleno en el mundo de la subjetividad y, por tanto, será más difícil de medir y controlar. Así pues, podremos medir la calidad de nuestro producto o servicio comparando las características que realmente posee con las que, teóricamente, nos han solicitado. Esto va a llevar, como veremos a continuación, a definir *varios tipos de calidad*, dependiendo de las fases en que se divida el intervalo de tiempo que transcurre entre la demanda del producto o servicio hasta su utilización por parte del consumidor final. La primera fase, la del diseño del mismo, estará controlada por la **calidad de concepción**, que tendrá como función medir las divergencias entre las características solicitadas por el cliente y las plasmadas en el proyecto. La comparación de estas últimas con las que tenga el producto una vez realizado nos mostrará la **calidad de concordancia**. Por último, el consumidor tendrá en sus manos un producto, o habrá recibido un servicio, que comparará con lo que él deseaba, pudiendo así observar la denominada **calidad de servicio** (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 11).

Otro de los objetivos que se consiguen con la mejora de la calidad es la disminución de los costes generados por artículos defectuosos. Un ejemplo muy ilustrativo de los costes que genera la «no calidad» puede encontrarse en los manuales de la empresa norteamericana Hewlett Packard: «un reóstato (instrumento para variar la resistencia de un circuito eléctrico) defectuoso cuesta dos

centavos si se tira antes de usarlo, diez dólares si se desecha en la línea de montaje y cientos de dólares si lo descubre el cliente». En dicho ejemplo se puede apreciar fácilmente la diferencia de coste generado entre el artículo defectuoso cuando es identificado dentro de la empresa y cuando no lo es, llegando a venderse. Estos se pueden resumir en el Cuadro 3.4 (basado en Garbin e Invrea, 1979, pág. 33).

En el **caso de los servicios**, la calidad se suele conocer como **conformidad**, distinguiéndose la **interna**, que se refiere a los aspectos de los servicios que el cliente no puede percibir, y la **externa**, correspondiente a los percibidos por el usuario. La medición de la primera tiene mucho en común con la utilizada en el control de procesos industriales; la segunda es mucho más compleja, dada la naturaleza abstracta de ciertas cualidades y las reacciones subjetivas de los consumidores (Juran, 1990, pág. 1363), utilizándose como una de las principales fuentes de información las quejas y reclamaciones de los consumidores.

Cuadro 3.4. Costes generados por los productos defectuosos

			Costes tangibles	Costes intangibles
PRODUCTOS DEFECTUOSOS	Productos defectuosos identificados	Rechazados	Coste del material, de la mano de obra y generales (menos los ingresos producidos por la venta de residuos)	◦ Pérdidas en la producción ◦ Obstáculos a la programación ◦ Disgusto de clientes por retrasos eventuales ◦ Moral empresarial
		Utilizados como productos «B»	Diferencia de precio entre las dos clases de productos	
		Reelaborados	Coste de las elaboraciones suplementarias	
	Productos defectuosos no identificados y vendidos	Reclamados por el cliente	Coste del servicio de asistencia por inspecciones, reparaciones, sustituciones, desplazamientos, etc.	◦ Mala fama para la calidad del producto y el buen nombre de la empresa
		No reclamados por el cliente	Ninguno	

3.4.4. Aumento de la flexibilidad

El concepto de flexibilidad como objetivo e indicador del rendimiento empresarial no es nuevo; ya en 1978 Skinner lo incluía como tal. Sin embargo, de todas las prioridades competitivas, ésta ha sido la menos comprendida y la única que todavía no ha sido definida por completo[19]; en la actualidad, como ya se puso de manifiesto en el Capítulo 2, el marco competitivo demanda que las empresas abracen la causa de la flexibilidad, prestándole una atención sin precedentes (véase Apartado 2.3).

[19] Ha de destacarse el hecho de que, como señalan Gupta y Somers (1992), son más de 50 las definiciones existentes de flexibilidad.

En su acepción más simple, la **flexibilidad** alude a la capacidad de responder ante el cambio, a la adaptabilidad o a la habilidad para hacer frente de forma más eficiente y eficaz a las circunstancias cambiantes. La **flexibilidad del Subsistema de Operaciones** puede ser, por tanto, definida como la *habilidad de una entidad para desplegar y replegar sus recursos de forma eficaz y eficiente en respuesta a las condiciones cambiantes* (Beckman, 1990, pág. 107). Esta *variabilidad del entorno* puede adoptar las siguientes formas:

- *En la demanda*: ésta puede tomar formas irregulares y estacionales, cada vez más difíciles de prever, afectando al volumen y mix de productos.
- *En el suministro*: provocada por el comportamiento de los proveedores, la escasez de materias primas, los desechos en el proceso fabril, la amplitud de la variedad de los diferentes componentes empleados, la introducción de nuevos materiales, etc., pudiendo dar lugar a desajustes importantes en el desarrollo de las actividades de transformación.
- *En los productos*: puede aparecer tanto en los cambios diarios a ejecutar sobre los ya existentes, como en la introducción de otros completamente nuevos.
- *En el proceso*: por la introducción de nuevas tecnologías de proceso (ligada generalmente al lanzamiento de nuevos productos) y por la introducción de nuevas técnicas de gestión del proceso (por ejemplo: MRP, JIT, OPT, etc.) (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994).
- *En el equipamiento y la mano de obra*: la fuente de variabilidad no tiene por qué ser externa a la empresa, pudiendo estar motivada por averías, mantenimiento y preparación (caso de los equipos), o absentismos, rotaciones, políticas de personal, etc. (caso de la mano de obra).

Partiendo de las diferentes dimensiones de la variabilidad pueden definirse distintos tipos de flexibilidad, las cuales son recogidas en el Cuadro 3.5[20].

Los tipos mencionados pueden agruparse en dos conjuntos atendiendo a los objetivos estratégicos y tácticos de la empresa. El primero de ellos, al que llamaremos **flexibilidad en productos y diseño** está condicionado por las necesidades de flexibilidad planteadas por la Estrategia Empresarial en relación con los mercados en que pretende competir, esto es, mix de productos y volumen de fabricación. Dentro del mismo pueden incluirse las siguientes flexibilidades: en mercados en expansión, en máquinas, en proceso, en producto, en producción y en volumen. La **flexibilidad operativa** forma el segundo grupo y está delimitada en la Estrategia Empresarial al establecerse los objetivos de coste, calidad y servicio (fiabilidad y tiempo de entrega) (Alvarez Gil, 1993, pág. 174). Esta recoge las flexibilidades en programa, en rutas y en transporte y almacenamiento de materiales.

Aunque resulta obvio que la *flexibilidad de diseño* es esencial en el caso de los productos o servicios elaborados a medida, donde los cambios son continuos, también es vital en el caso de los productos estandarizados, en los que es igualmente importante poder introducir cambios con la mayor celeridad posible para adaptarse a las modificaciones en los gustos de los consumidores, adelantarse a la competencia o, en el caso opuesto, responder a sus iniciativas. Desde el punto de vista del volumen, la flexibilidad se convierte en un arma poderosa en la lucha contra la incertidumbre de la demanda futura; la consideración del dinamismo y turbulencias típicas de los entornos actuales refuerza la importancia de este argumento.

[20] Elaborado a partir de Sethi y Sethi (1990).

Cuadro 3.5. Los diferentes tipos de flexibilidad

Flexibilidad en la maquinaria: variedad de operaciones que puede desempeñar una máquina sin incurrir en altos costes o emplear cantidades prohibitivas de tiempo al pasar de una operación a otra.

Flexibilidad en el transporte y almacenamiento de materiales: habilidad del sistema para mover eficientemente diferentes tipos de piezas, incluyendo la carga y descarga, transporte entre máquinas y almacenamiento, bajo condiciones diversas.

Flexibilidad en operaciones: posibilidad de producir una pieza utilizando planes de proceso alternativos, generados a través de intercambios o sustituciones de las operaciones.

Flexibilidad en producto: facilidad con que se pueden añadir nuevas piezas o productos y/o sustituir las existentes; esto es, facilidad para modificar la gama actual de productos a un coste bajo y en un período relativamente corto de tiempo.

Flexibilidad en rutas: habilidad de un sistema para producir una pieza alternando las rutas de fabricación.

Flexibilidad en volumen: habilidad del sistema para operar económicamente con diferentes niveles de *output*, permitiendo a los talleres realizar una amplia variedad de ajustes.

Flexibilidad en expansión: amplitud o extensión del esfuerzo global necesario para incrementar la capacidad y capacitación del sistema cuando sea necesario.

Flexibilidad en programas: habilidad del sistema para funcionar sin ser atendido durante un largo período de tiempo.

Flexibilidad en producción: universo de componentes o productos que el sistema puede generar sin necesidad de añadir equipamiento básico.

Flexibilidad en mercado: facilidad con que el sistema puede adaptarse a las condiciones cambiantes del mismo.

Flexibilidad en proceso: habilidad del sistema productivo para fabricar un conjunto variado de piezas sin incurrir en costes de lanzamiento importantes. Se define también como variedad en el mix de productos.

En relación con la *flexibilidad operativa*, ésta ha dependido habitualmente de la configuración productiva de la empresa, de tal forma que los procesos continuos y repetitivos han sido siempre más rígidos que los intermitentes y los proyectos, pero mucho más eficientes (véase Capítulo 5). La utilización de las tecnologías avanzadas de fabricación puede dar lugar a efectos sin precedentes. La incorporación de *fabricación flexible* permite lograr procesos fabriles eficientes y eficaces en términos de costes, puesto que posibilita la fabricación de productos *a la medida* sin sacrificar por ello otros objetivos. Al facilitar la disminución de los tiempos de lanzamiento, la producción en pequeños lotes puede ser tan económica como la fabricación a gran escala, lo que da a la empresa la oportunidad de modificar su estrategia competitiva en un proceso de búsqueda de *economías de alcance*. Como señala Adler (1988), la habilidad creciente para diseñar sistemas de máquinas con la suficiente flexibilidad e «inteligencia» para hacer frente a un amplio espectro de contingencias, contribuye significativamente a impulsar la flexibilidad en procesos. Las nuevas tecnologías de fabricación e información permiten un descenso de la curva de costes medios asociados a las dimensiones competitivas, tiempo de cambio entre productos, tiempos de lanzamiento, ciclos de desarrollo de nuevos productos, etc. A estas ventajas han de añadirse las relacionadas con cuestiones operativas, tales como la programación y secuenciación de actividades en los talleres, todo lo cual supone el poder competir en costes con los fabricantes de productos estandarizados con grandes series de fabricación (Alvarez Gil, 1993, págs. 172 y 173). En los Capítulos 10 y 11 nos detendremos con más detalle en el estudio de estas nuevas tecnologías y en las ventajas e inconvenientes asociados a su implementación.

En cuanto a la *flexibilidad de los abastecimientos y la maquinaria*, ésta va a depender de la Estrategia de diseño de la planificación y control de la producción, así como de la puesta en práctica de la misma. El desarrollo de sistemas como JIT (Justo a Tiempo), MRP (Planificación de las Necesidades de Materiales) u OPT (Tecnología de Producción Optimizada) (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994), ha permitido una notable mejora de la gestión, trayendo consigo, entre otros aspectos, una mayor flexibilidad asociada a la rápida reprogramación para adaptar la planificación a los cambios que van surgiendo a lo largo del tiempo. De otro lado, la puesta en marcha de programas de Mantenimiento Productivo Total (TPM) puede ayudar también a lograr la flexibilidad perseguida en ese punto.

Con respecto a la *mano de obra*, los planteamientos japoneses de círculos de calidad y de programas continuados de formación encaminados al logro de una plantilla polivalente, pueden ayudar a reducir los problemas de absentismo; por otra parte, una adecuada gestión de la capacidad (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994) permitirá determinar la eficiencia y utilización conseguidas por la mano de obra, así como la incidencia de la maquinaria sobre estas variables.

Hasta hace muy poco, las empresas intentaban conseguir la flexibilidad buscada mediante la acumulación de diferentes tipos de inventarios; conceptos como la gestión de la calidad total o la fabricación justo a tiempo han llevado a la reconsideración de la conveniencia de este tipo de protección, así como el hecho de que la existencia de inventarios puede frenar la aparición de nuevos productos. Ello no debe interpretarse en el sentido de que cualquier entidad deba proceder a toda costa a eliminar sus inventarios, pues si esta medida no va acompañada por otras podría hacer aumentar su vulnerabilidad.

Entre las *medidas* a tomar *para aumentar la flexibilidad* podemos citar las siguientes (Beckman, 1990, págs. 115-126):

- *Automatización*: la evidencia empírica pone de manifiesto que ésta puede ser un medio importante para alcanzar la flexibilidad, especialmente a partir del enorme desarrollo logrado por las nuevas tecnologías de fabricación e información (véase Capítulo 10), que han sido conductores críticos en la creación de organismos flexibles. Ello no ha de ser obstáculo para que se olviden los aspectos humanos de la empresa.
- *Flexibilización de la plantilla*: un número creciente de entidades está intentando promover y mantener una mayor implicación de su plantilla en el proceso productivo. Para ello, y entre otras actuaciones, se fomenta la formación de ésta en técnicas como el control estadístico de procesos, multifuncionalidad, etc. Una alternativa no excluyente a los programas de formación es la consistente en desarrollar una política de contratación flexible.
- *Otros* mecanismos, como la reducción de los tiempos de lanzamiento, holguras en la capacidad, etc.

Como es lógico, la flexibilidad no sólo ha de ser perseguida por el departamento de Operaciones, sino que otras áreas empresariales, como Marketing o Investigación y Desarrollo, han de participar activamente. La flexibilidad demandará nuevas estructuras organizativas, más adecuadas al entorno variable en que operan las firmas, para cuya consecución podrían emprenderse actuaciones encaminadas a mejorar y reforzar la comunicación horizontal y vertical o la búsqueda de una reorganización basada en la reestructuración en subunidades; éstas se orientarán hacia la consecución de *outputs* bien definidos y deberán estar dotadas de los recursos necesarios para su correcto funcionamiento. Otra posibilidad es la

creación de células o centros de máquinas siguiendo los principios de la Tecnología de Grupos (véanse Capítulos 4, 9 y 10).

La utilización conjunta de tecnología flexible y de las técnicas mencionadas puede permitir a las empresas la construcción de plantas de bajo coste de producción que oferten diversos tipos y volúmenes de productos o servicios con los requisitos deseados de calidad, rapidez y fiabilidad en la entrega (véase Capítulo 5).

3.4.5. El servicio a clientes

Paralelamente al enorme crecimiento del sector servicios en las economías desarrolladas, poco a poco se ha ido difuminando la frontera de separación entre el producto y servicio puros (véase Capítulo 2). Como consecuencia, el uso de una estrategia competitiva orientada al cliente ya no puede limitarse a entregarle un producto de calidad, en el momento prometido y con precio adecuado; además debe proporcionársele un adecuado servicio, cuyas características comentaremos más adelante.

La importancia que va adquiriendo el objetivo de mejora del servicio al cliente se hizo patente en los Apartados 2.4 y 2.6.3, donde aparecía con peso creciente entre las prioridades competitivas de las empresas. Esta puede justificarse por diversas razones; entre ellas[21]:

- El servicio puede ser uno de los medios para lograr una ventaja competitiva sostenible vía diferenciación, especialmente cuando ésta se desarrolla a través de la comercialización.
- Un mejor servicio aumenta el valor añadido del producto.
- El servicio es un determinante muy importante para la percepción de la calidad por parte del cliente (véase Apartado 3.4.3).
- La creciente demanda de un alto nivel de servicio por parte de los clientes hace que, cada vez con más frecuencia, aquél se convierta en un requisito para competir más que en una ventaja competitiva.

Son muchísimas las *actividades de servicio* que pueden desarrollarse *en las empresas manufactureras*, pudiendo agruparse en cinco conjuntos (Bowen y otros, 1989, págs. 78 y 79):

- *Las encaminadas a satisfacer las exigencias y necesidades del cliente.* Pueden estar relacionadas con el diseño del producto o servicio (por ejemplo: abrir el diseño al cliente para determinar sus necesidades, ajustarlo más a éstas, etc.) o con el del proceso (por ejemplo: hacerlo más flexible para responder a cambios en el mercado).
- *Las que persiguen informar* (por ejemplo: proporcionar toda la información técnica que se requiera sobre el producto, elaborar adecuados manuales de usuario, comunicar todas las opciones y características de la financiación, etc.).
- *Las que pretenden reducir el riesgo del cliente* (por ejemplo: la garantía y su funcionamiento, la cantidad y ubicación de los servicios de reparaciones, la rapidez y calidad de las mismas, etc.).
- *Las orientadas a facilitar la acción de compra* (por ejemplo: modalidades de pago, servicios de crédito, etc.).

[21] Véase, por ejemplo, Aquilano y Chase (1991, pág. 685), Miller y Roth (1994, pág. 289 y ss.), Edmondson y Wheelwright (1989, pág. 78 y ss.), Martínez (1992, pág. 153) o Plossl (1991, pág. 40).

- *Las relativas al trato con el cliente* (por ejemplo: trato afable de los vendedores, de los empleados de los servicios de reparaciones, etc.).

La evolución que se viene observando en relación con el objetivo materia de estudio ha hecho aparecer en la literatura el término **Factoría de Servicios**, refiriéndose a una firma manufacturera que, además de sus productos, elabora una serie de servicios integrados con cada uno de aquéllos (Chase y Erikson, 1988, pág. 191 y ss.). Para que una firma pueda catalogarse como tal debe sufrir profundas transformaciones, entre las que pueden citarse (Aquilano y Chase, 1991, pág. 685 y ss.):

- *Redefinir los objetivos*, de forma que, además de centrarse en las características del producto y del proceso, se dé importancia a los elementos que son relevantes para proporcionar un buen servicio al cliente.
- *Pasar a un enfoque de sistema abierto*, incluyendo continuamente en la fábrica la lógica y exigencias del cliente para que aquélla se ajuste al mercado. Ello exige las características que se comentan a continuación.
- *Interconexión bien gestionada entre el sistema productivo y los clientes*, de manera que la información se intercambie de forma rápida y sin costes.
- *Capacidad flexible*, capaz de adaptar las instalaciones y la mano de obra a los cambios del mercado.
- *Personal de producción adaptado al cliente*, con capacidad de entenderse con él, más comunicativos y más sensibles respecto a sus necesidades y con conocimientos técnicos.
- *Adoptar medidas de calidad de servicio*, que, además de los aspectos ya considerados en el objetivo calidad, midan la percepción del cliente sobre los diferentes servicios ofrecidos con el producto.

Respecto a este último punto, Parasuraman y otros (1985, pág. 41 y ss.) han identificado diez aspectos como los más *importantes en la percepción de la calidad del servicio* por parte de los clientes[22]:

- *Confianza*, o consistencia del comportamiento y la seguridad.
- *Sensibilidad*, o complacencia y buena disposición del empleado que proporciona el servicio.
- *Competencia*, o disponibilidad de las habilidades y conocimientos para desarrollar el servicio, así como demostración de tal disponibilidad.
- *Acceso*, o proximidad y facilidad del cliente para contactar con la empresa.
- *Cortesía*, o respeto, consideración y trato amistoso del personal de contacto.
- *Comunicación*, o información al cliente en un lenguaje que sea fácilmente comprensible para él.
- *Credibilidad*, o formalidad y honestidad.
- *Seguridad*, de forma que el consumidor quede libre de riesgos, peligros o dudas.
- *Conocimiento del cliente*, apreciándose un esfuerzo por entenderlo.
- *Aspectos tangibles*, o evidencias físicas del deseo de servir al cliente, tales como el equipo utilizado para la prestación del servicio, la apariencia del personal, etc.

[22] Después del artículo de Parasuraman, considerado ya un clásico, han aparecido otros trabajos sobre el tema con diferentes enfoques. Algunos de ellos critican al primero como, por ejemplo, Cronin y Taylor (1992) y Teas (1993).

3.4.6. Relaciones y conflictos entre los objetivos

Son múltiples las interacciones existentes entre los distintos objetivos estudiados, algunas de las cuales han podido observarse a lo largo de las páginas anteriores. Ello implica que será absolutamente necesario tenerlas en cuenta a la hora de fijar niveles concretos para los mismos en función de las prioridades competitivas establecidas, máxime cuando puede existir conflicto entre los mismos. Tampoco debe olvidarse que el fin último no debe ser la consecución de un objetivo concreto, sino lograr un adecuado equilibrio entre los mismos, el cual colabore para obtener las metas globales de la firma. A título ilustrativo comentaremos a continuación algunas de dichas interrelaciones.

Con frecuencia se opina que los incrementos de *calidad* entrañan un aumento de costes, lo cual no debe tomarse como una verdad en términos absolutos, pues, si bien ello puede implicar emplear materiales más caros o inversiones en tecnología, esto da sólo una visión parcial del problema. Así, la disminución de componentes y productos defectuosos generada por una *mejora de la calidad* hace que, para una determinada cantidad de factores, la producción obtenida aumente, por lo que la *productividad* también lo hará (o, desde otro ángulo, para un determinado volumen de producción serán necesarios menos *inputs* y, por tanto, menores *costes*). Por otra parte, los aumentos en calidad deben generar un incremento de la demanda y, en consecuencia, en los ingresos. Paralelamente, ello traería consigo un mejor aprovechamiento del factor capital y, con ello, una disminución de los costes unitarios, lo cual puede facilitar una reducción en los precios y un nuevo impulso al aumento de demanda. En conjunto, se incrementarían el *beneficio* y la *rentabilidad* y se facilitaría el *crecimiento* de la firma.

En ocasiones los aumentos de *productividad* pueden traer consigo efectos colaterales negativos; así un procesamiento más rápido puede traer consigo más errores en el desarrollo de las operaciones y, por tanto, una disminución de la *calidad*.

Aumentar la *flexibilidad* en sus distintas vertientes puede implicar incrementos del coste, pero también una mejora del nivel de *servicio* y una mayor adecuación a las actuales condiciones del mercado. Por consiguiente, facilitará la *supervivencia* de la empresa y el logro de sus objetivos. Por otra parte, los mencionados aumentos de coste pueden verse mitigados con la utilización de las tecnologías flexibles de fabricación que, a través de la consecución de las denominadas economías de alcance (véanse Capítulos 7 y 10), permitirán menores costes unitarios, una mayor variedad de productos y, con ello, un mejor servicio al cliente.

Del mismo modo, la consecución de menores tiempos de suministro y, por tanto, de mejoras en las *entregas*, van a ir acompañados, en principio, de mayores *costes*, derivados quizás de mejores sistemas de planificación y control o/y de la utilización de capacidad en exceso para evitar o disminuir las colas de espera en los centros de trabajo (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 2). Sin embargo, entre otros aspectos, aumentará la satisfacción del cliente y la imagen de la compañía. Por otra parte, deberá evitarse siempre que la mejora en este objetivo vaya en detrimento de la *calidad* de los bienes y servicios.

3.5. DECISIONES ESTRATEGICAS DE OPERACIONES

Una vez elegidos los objetivos y prioridades competitivas, el paso siguiente en el desarrollo de la Estrategia de Operaciones tiene por objeto el establecimiento del

camino que habrá de seguirse para el logro de aquéllos. Este tomará forma en las diferentes **estrategias**, las cuales *son directrices que ayudan a elegir las acciones adecuadas para alcanzar las metas de la organización* (Anthony, 1990, pág. 20). Son, pues, planes de acción genéricos, pero de una gran importancia, habida cuenta que:

- Han de llevar al logro de los objetivos y prioridades competitivas.
- Tienen consecuencias trascendentales para toda la organización.
- Han de dar origen a las políticas y al resto del proceso de planificación.

Son muchas las posibles estrategias que se pueden formular, las cuales dependerán de los objetivos y prioridades competitivas seleccionadas. Así, si el coste y la productividad fuesen la primera prioridad, no cabe duda de que la estandarización del producto y la automatización pueden resultar estrategias adecuadas; sin embargo, si la primera prioridad fuera la de servicio al cliente, los sistemas flexibles de fabricación que permiten amplias gamas de productos serían posiblemente una vía más adecuada. Esta relación hace que al evolucionar en el tiempo las prioridades competitivas también lo hagan los planes de acción. La observación empírica de este hecho fue desarrollada en el Apartado 2.5, en el que, además, se explicaron los seguidos por las empresas occidentales en los últimos años y los que pretenden emplear en un próximo futuro, llegándose a contar 24 opciones diferentes (Cuadro 2.7).

Hay que señalar que, para unas mismas prioridades competitivas, distintas empresas podrían plantearse estrategias diferentes (incluso perteneciendo a un mismo sector de actividad); los puntos fuertes y débiles de cada una de ellas, así como las oportunidades y peligros del entorno, serán determinantes. Dada la enorme variedad de posibilidades existentes se hace necesario un proceso de evaluación y selección individualizado de las alternativas posibles. Por nuestra parte, clasificaremos las Estrategias de Operaciones en una serie de grupos, los cuales engloban los planes de acción a que antes hicimos referencia, así como cualquier otro que se pudiera plantear (véase Figura 3.4). A este respecto, existen numerosas clasificaciones, de las comúnmente denominadas Decisiones Estratégicas de Operaciones[23], las cuales reúnen los aspectos de Posicionamiento y Diseño a que hicimos referencia en el Apartado 3.3.1 y que aún no se han tratado (es decir, todas ellas, salvo la fijación de objetivos y prioridades competitivas). En esencia, el contenido de cada una de las categorías de la clasificación implica responder a una serie de preguntas básicas, condicionadas por las prioridades competitivas seleccionadas.

Con la **Estrategia de Productos** se trata de determinar *qué producir*, realizando inicialmente la *selección* de los productos o servicios y el *diseño* de sus características concretas (véase Capítulo 4). La *selección del producto* comprende las opciones de productos nuevos y las modificaciones de los antiguos. En ello participará el departamento de Marketing con la investigación de mercados, el de Investigación y Desarrollo, el de Recursos Humanos (imaginación del personal), etc. El conjunto de opciones deberá ser objeto de un proceso de evaluación y selección basado en las prioridades competitivas establecidas. Realizado éste se pasará al *diseño del producto*, estableciendo su estructura y características de acuerdo con los gustos del consumidor (conocidos a través de la investigación comercial),

[23] Ver, por ejemplo, Dilworth (1993, pág. 63 y ss.), McLain y otros (1992, pág. 554 y ss.), Martínez (1992, pág. 68 y ss.), Roth (1986, pág. 7 y ss.), Stevenson (1990, pág. 11 y ss.), Schroeder (1992, pág. 18 y ss.) o Waters (1991, pág. 24 y ss.).

con las prioridades competitivas y con las características técnicas requeridas por aquél y su proceso de fabricación. El diseño definitivo deberá ir coordinado con el desarrollo de la Estrategia de Procesos.

Responder a la pregunta *cómo producir* es el objeto básico de la **Estrategia de Procesos**, interrelacionada con la anterior (véanse Capítulos 5 y 6). Dentro de ella será necesario, por una parte, seleccionar la configuración productiva a emplear para una gama de productos concreta, la cual definirá el marco general dentro del que se desarrollará su elaboración; dicha selección tendrá efectos inmediatos sobre los costes derivados de la producción, sobre los requerimientos de capital para la puesta en marcha del proceso, etc. Por otra parte, se procederá a establecer el contenido de las diferentes tareas del desarrollo del proceso, su secuencia, el tipo de maquinaria e instalaciones a emplear, etc. Dichos aspectos constituyen la *selección y diseño del proceso* que, a su vez, vendrá condicionada por el marco tecnológico que la empresa haya decidido adoptar para el desarrollo de su actividad. La **Estrategia Tecnológica**, pues, será el tercer aspecto integrador de la Estrategia de Procesos (véanse Capítulos 10 a 12).

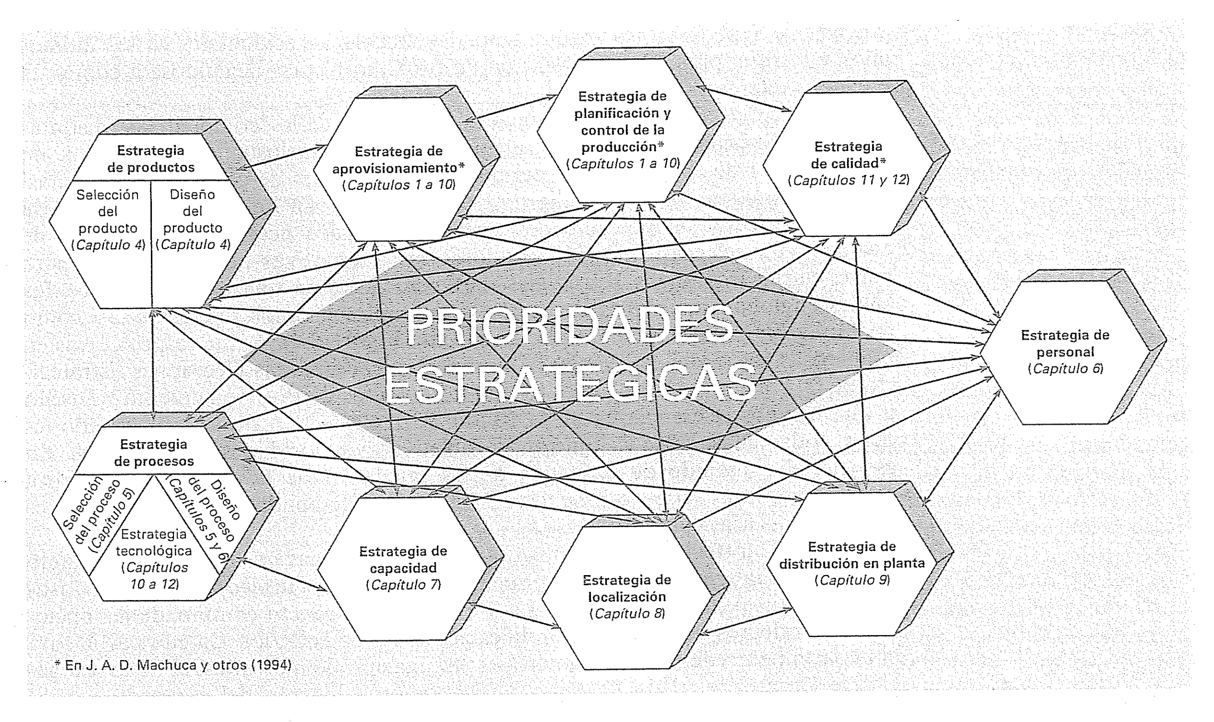


Figura 3.4. Clasificación de las Decisiones Estratégicas de Operaciones.

La determinación del *volumen de producción para el que se deben desarrollar las instalaciones* es el objeto de la **Estrategia de Capacidad** (véase Capítulo 7). La *dimensión* establecida dependerá fundamentalmente de la demanda inmediata y futura, así como de las posibilidades financieras de la empresa y de las prioridades

competitivas. Debe tenerse en cuenta desde un principio que un tamaño excesivo conllevará importantes costes de infrautilización de recursos (por ejemplo: altos costes fijos debidos a una inversión en activo fijo superior a la necesaria) y una dimensión escasa implicará pérdida de ventas por no poder atender a la demanda, así como costes de saturación (por ejemplo: necesidad de trabajar en horas extras, averías por sobreutilizar la maquinaria, etc.). La decisión adoptada en este punto va a condicionar en el futuro la gestión de la capacidad a medio y corto plazo (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994).

También será necesario determinar *dónde fabricar*, objeto de la **Estrategia de Localización** (véase Capítulo 8). En ella deberá tenerse en cuenta cualquier factor ligado al espacio geográfico que pueda afectar a la actividad empresarial, determinándose el(los) lugar(es) más adecuado(s) para desarrollar la actividad. Seleccionado el lugar, la empresa estaría en condiciones de llevar a la práctica todas las decisiones tomadas. Se trataría de plasmar, en el lugar seleccionado, el proceso establecido con la dimensión elegida. Este será el objeto de la **Estrategia de Distribución en Planta** (véase Capítulo 9), en la que se pretenderá establecer la mejor ordenación de cada uno de los elementos componentes del proceso de producción en la superficie de la planta, de forma que se consiga la mejor contribución al logro de los objetivos del Subsistema.

Al terminar la fase de distribución en planta, la empresa tendrá establecida su estructura productiva y estará en condiciones de comenzar a producir. Sin embargo, aún quedan aspectos trascendentales por considerar para que todo lo establecido se encamine hacia el logro de las prioridades competitivas señaladas. La puesta en marcha y desarrollo de toda la actividad productiva podrá realizarse de muchas formas y no todas darán el mismo resultado. Así, es claro que será necesario establecer unos requerimientos de calidad de acuerdo con lo comentado en el Apartado 3.4.3; por tanto, será necesario *diseñar el sistema de calidad*: su ámbito, las políticas que lo inspiran, los procedimientos de control, las mediciones, las exigencias a cumplir, etc. De todos los aspectos de este sistema de calidad, los que definen la estructura general del mismo constituirán la **Estrategia de Calidad** y sus efectos se mantendrán a largo plazo; otros, como el control de calidad, corresponderán a aspectos tácticos y operativos de la Dirección de Operaciones. La íntima relación existente entre ambos nos inclinó a no separarlos, por lo que serán tratados en la segunda parte de esta obra (J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 11 y 12).

De otro lado, toda la actividad del día a día va a venir condicionada, no sólo por la Estrategia de Operaciones, sino también por la forma en que se lleve a la práctica. La Planificación y Control de la Producción, que va a ser la que determine dicha actividad, puede llevarse a la práctica bajo distintos enfoques, que implicarán distintas técnicas y procesos de planificación. Nuevamente podremos hablar de aspectos que definirán el marco de la Planificación y Control de la Producción (por ejemplo: el Diseño del Sistema de Planificación y Control) y de otros que se refieren a aspectos tácticos y operativos del funcionamiento de dicho sistema. Los primeros constituirán la **Estrategia de Planificación y Control**, la cual trataremos conjuntamente con los segundos para que ambos puedan cobrar mayor sentido (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994). De esta situación también participa la problemática de los aprovisionamientos, íntimamente relacionada con aspectos estratégicos (por ejemplo: la localización, la tecnología, la selección y diseño de los procesos, de los productos, la calidad o la estrategia de distribución en planta) y tácticos y operativos (por ejemplo: los tiempos de suministro, la planificación y control de la producción, la capacidad, etc.). La **Estrategia de**

Aprovisionamiento definirá el marco de dicha actividad, estableciendo las políticas y el Diseño del Sistema de Control de Inventarios bajo los que, día a día, será desarrollada en coordinación con el resto de actividades productivas (*Ibídem*).

A la **Estrategia de Personal** no se le ha dedicado ningún capítulo separado. Realmente se trata de un aspecto básico que, como ya vimos, suele aparecer en numerosas ocasiones entre los planes de acción de las empresas en la actualidad. Con ella se ha de establecer el marco de formación, selección, contratación, despidos, funcionamiento, etc., que luego habrán de ser detallados en procedimientos concretos. Todos estos aspectos influyen de forma importante en las estrategias anteriormente relacionadas, viéndose, a su vez, afectadas por éstas. Precisamente por este motivo, tanto los aspectos estratégicos como los tácticos y operativos de personal no han sido tratados en temas aparte, sino que se van considerando a medida que toman cuerpo en relación con los restantes aspectos de la Dirección de Operaciones. Así, por ejemplo, los aspectos de motivación, eficiencia, etc., se tratarán al hablar del diseño del trabajo (véase Capítulo 6), mientras que los de planificación de necesidades de mano de obra (determinante de contrataciones y despidos, por ejemplo) serán tratados al hablar de Planificación Agregada y Maestra de la Producción (J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 3).

Por último, decir que todas y cada una de estas categorías estratégicas están relacionadas entre ellas y no pueden considerarse de ninguna manera como estancas (por ejemplo: igual que la mano de obra o el proceso condicionan la calidad, las exigencias de ésta condicionarán a aquéllas). En definitiva, se trata de estrategias que han de desarrollarse de forma coordinada y que no quedarán ultimadas hasta que lo estén las demás.

3.6. EL PLAN ESTRATEGICO Y EL PLAN DE PRODUCCION A LARGO PLAZO

Como ya comentamos en la Introducción, la planificación estratégica sólo estará ultimada cuando se haya establecido el **Plan Estratégico**, plan a largo plazo reflejo de los objetivos, prioridades y estrategias establecidas anteriormente, expresado en términos monetarios en la mayoría de los casos[24]. Este Plan es definido por múltiples autores[25] como *el informe de ingresos proyectados, costes y beneficios, usualmente acompañados por presupuestos y balance proyectado, así como también un estado de cash-flow (origen y aplicación de fondos)*. Este sería el denominado **Plan de Empresa Básico**, pues el **Plan de Empresa** completo o Plan de Acción de la Empresa (*Company Game Plan*) incluiría otros planes de Crecimiento o Adaptación, Investigación y Desarrollo, Expansión, etc. (Wight, 1981, págs. 57-58). En definitiva, parece existir acuerdo en el contenido básico de este plan, que no será más que la *expresión en unidades monetarias de los efectos derivados de los planes a largo plazo de Ventas, Producción, Finanzas y Crecimiento y Adaptación*. De hecho, ésta sería sólo una de las características básicas que debe cumplir el Plan Estratégico para alcanzar el éxito, las cuales pueden resumirse de la forma siguiente (Bueno, 1987, pág. 325):

- Los planes deben responder a un proceso participativo y sistemático siguiendo un método preestablecido.

[24] Véase, por ejemplo, Wallace (1984, pág. 4) o Aquilano y Chase (1991, pág. 401).

[25] Véase, por ejemplo, Gray (1987, pág. 234), Iemmolo (1983, pág. 27), Krajewski y Ritzman (1990, página 483) o Wallace (1984, pág. 4).

- La formulación de planes debe proyectar los objetivos y metas de la organización por encima de intereses individuales.
- La elaboración del plan estratégico se apoya en un sistema de comunicación vertical y en enlaces horizontales, a partir de un sistema de información integrador de la empresa y el entorno.
- El plan estratégico debe ser oportuno, flexible y creativo, como respuesta a los retos e impactos del entorno.

La obtención de dicho plan se enmarca, pues, dentro de un complejo proceso a desarrollar por la Alta Dirección, que sintéticamente representamos en la Figura 3.5, sobre la cual nos apoyaremos en los párrafos siguientes.

El Plan de Ventas a largo plazo (Plan Comercial) deberá intentar responder a las demandas de los diferentes productos, establecidas mediante la investigación comercial (1), así como a los objetivos establecidos (2) (por ejemplo: de crecimiento o penetración de mercado). Para ello será necesario que se produzcan las cantidades de productos o servicios necesarias para la venta (3). El Plan de Producción a largo plazo ha de ser ejecutable, lo cual implica la necesidad de ajustar dicho plan a la capacidad disponible y el Plan de Ventas al de Producción (4) o, por el contrario, ajustar la capacidad a largo plazo a los mencionados Planes de Ventas y Producción (5) (posiblemente con el desarrollo de nuevas inversiones (desinversiones), que pueden conllevar la creación (cierre) de nuevas (viejas) plantas, o la ampliación (reducción) de las existentes). Todo ello debe realizarse de acuerdo con los objetivos establecidos (6).

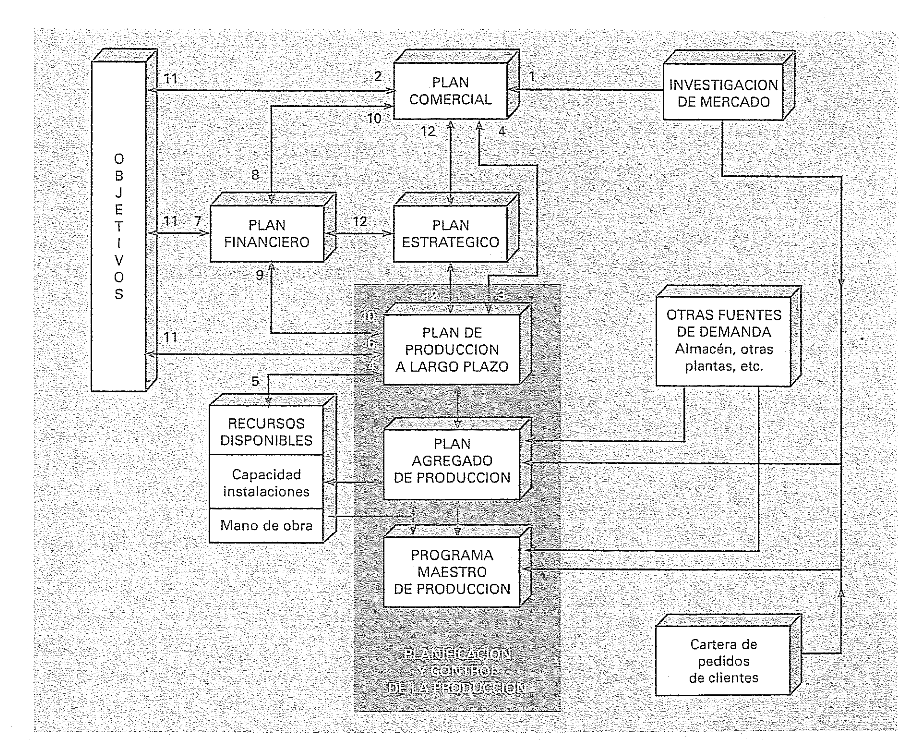


Figura 3.5. Del Plan Estratégico al Programa Maestro de Producción.

El Plan Financiero a largo plazo deberá incluir los objetivos financieros de la empresa (7), y su contenido se verá influenciado por los ingresos derivados del Plan de Ventas (8) y los costes derivados del Plan de Producción (9). Deberá incluir las cantidades de recursos necesarias para el desarrollo de los citados planes (10), incluyendo los necesarios para acometer las variaciones de capacidad propuestas (inversiones/desinversiones en equipo capital y capital circulante), las estrategias de productos (lanzamiento de nuevos productos, modificaciones de los existentes, etc.), las estrategias de procesos (diseño de nuevos procesos, rediseño de los actuales, adquisición de nuevas tecnologías, etc.) y la consecución de objetivos de mercado (inversión en publicidad, promociones, etc.). Por último, otros aspectos, como la consecución de metas de crecimiento (por ejemplo: absorción o participación en otras empresas) y el desarrollo de estrategias financieras (por ejemplo: reducciones/ampliaciones de capital), completarán este Plan Financiero a largo plazo.

De otro lado (11), es evidente que los objetivos empresariales o las estrategias podrían ser modificados si los planes mencionados, que pretenden lograr los primeros y desarrollar las segundas, fueran inviables.

Los planes de las tres grandes áreas funcionales, conjuntamente con los objetivos estratégicos, conformarán el Plan Estratégico o Plan de Empresa (*Business Plan*) (12) para un horizonte plurianual, con cifras periodificadas en trimestres o años. Este plan será la guía de las diferentes actividades que habrán de desarrollarse a cualquier nivel, de forma que todos los esfuerzos de la Organización se destinen a su consecución; en este sentido, es un acuerdo entre las distintas áreas (Finanzas, Producción, Marketing, Ingeniería, Investigación y Desarrollo) sobre el nivel de actividad y los productos que se comprometen a aceptar.

Sin duda, el componente más importante desde el punto de vista de la Dirección de Operaciones es el **Plan de Producción a largo plazo**. Este viene prácticamente dado (excepción hecha de los comentarios que acabamos de hacer), pues deberá recoger las necesidades de productos para hacer frente al Plan de Ventas a largo plazo. En ambos se deberá considerar la Estrategia de Operaciones desarrollada. Ello implica que el Plan de Producción a largo plazo deberá:

- Tener en cuenta los productos actuales, así como los derivados de los planes de creación de nuevos productos o de modificación de los existentes, los cuales deberán aparecer en el momento establecido en dichos planes y en las cantidades indicadas en el Plan de Ventas.
- Considerar las características básicas del tipo de configuración del proceso productivo y las estrategias de inventario al periodificar las cifras de producción (sobre todo si en el primer año del Plan se utilizan meses o trimestres como unidad de tiempo).
- Tener en cuenta las disponibilidades de capacidad actuales así como sus posibles variaciones (por ejemplo: derivadas de la implantación de nuevas tecnologías o de la reducción/ampliación de instalaciones).
- Contrastarse con los objetivos establecidos en la Estrategia de Operaciones de forma que se asegure la necesaria coherencia.

En cuanto al *horizonte temporal* de este plan, es tan ambiguo como el término de «largo plazo» que lo califica. Un estudio realizado por Fulmer y Rue[26], sobre una muestra de casi 400 empresas, reveló que el 86 por 100 empleaba un horizonte comprendido entre 3 y 5 años y que sólo el 1 por 100 superaba los 10 años. En este período coinciden algunos autores (por ejemplo: Adam y Ebert, 1992, página 373), aunque otros no lo hacen totalmente: por ejemplo, Dilworth habla de un horizonte de hasta 5 años o más (1993, pág. 146), Aquilano y Chase lo cifran en un intervalo de 2 a 10 años (1991, pág. 401), Hill menciona 5 años o más (1991, pág. 194) y Mather lo cifra entre 5 y 10 años (1988, pág. 51). Como se puede apreciar, la cifra de 5 años podría ser un punto de referencia, aunque es evidente que dependería de distintas circunstancias. Por este motivo, para otros autores, la planificación a largo plazo no tiene por qué tener un horizonte fijo y puede variar de un caso a otro. Así, para Koontz y otros (1985, pág. 129 y ss.) la solución en cuanto al período más conveniente de una planificación parece estar en lo que se denomina el *principio del compromiso*: cubrir el tiempo futuro que se requiere para prever, mediante una serie de acciones, el cumplimiento de los compromisos involucrados en una decisión que se toma hoy (esto puede llevarnos en determinados casos (por ejemplo: en la puesta en marcha de grandes inversiones) a horizontes de 15 ó 20 años).

[26] Citado en Koontz y otros (1985, pág. 129).

3.7. CONCLUSIONES: LA CONCRECION DE LA PLANIFICACION ESTRATEGICA

Con el presente capítulo hemos pretendido aclarar el proceso de desarrollo del Plan Estratégico en el que se encuadra el Plan de Producción a largo plazo y, por tanto, el contexto del que va a participar el desarrollo de este último, que va a dar origen al Sistema de Planificación y Control de la Producción. Es evidente que lo desarrollado hasta aquí debe tener un reflejo en el día a día de la actividad empresarial; es necesario que cada persona de la organización conozca en todo momento qué se espera de él y qué actividad debe desarrollar para colaborar en la consecución de los objetivos y prioridades estratégicas y, en definitiva, para ayudar al logro de la ventaja competitiva. Sin embargo, el nivel de agregación en que todo queda una vez desarrollado el Plan de Empresa no permite la integración y aunamiento de esfuerzos requerido. Las prioridades estratégicas deben concretarse en objetivos más detallados para cada función, así como para cada elemento de la misma, que sean comprensibles para cada uno de ellos. Así, al capataz de un taller no bastará indicarle el nivel de servicio que la empresa pretende lograr; habrá que explicitarle qué ha de hacer (tanto él como el personal a su cargo) para lograr el nivel mencionado. A un trabajador no se le puede decir que tiene que ser flexible y eficiente, ni que se pretende reducir el coste de una línea de productos en un 15 por 100 o aumentar la productividad en un 10 por 100 (probablemente no sabe cuál es la influencia de su actividad en el coste del producto o en la productividad global de la empresa, ni mucho menos qué ha de hacer en cada momento de su actividad para lograr eso); será necesario explicarle qué actividades ha de ser capaz de realizar y formarle en cómo ha de hacerlas para lograr la productividad, la calidad y la flexibilidad deseadas.

Es necesario, pues, concretar la planificación estratégica realizada, desarrollando el resto de la planificación empresarial, que incluye los niveles táctico, operativo y adaptativo, en los cuales se irán desagregando poco a poco (cada vez para menores períodos de tiempo y con un mayor grado de detalle) los objetivos y estrategias reflejados en el Plan Estratégico. En lo que a Operaciones se refiere, el Plan de Producción a largo plazo será el origen del proceso de planificación y control de la producción, cuyas fases sucesivas implicarán el desarrollo del Plan Agregado de Producción, del Programa Maestro, del Plan de Materiales y del Programa de Operaciones. En este último se establecerá pormenorizadamente

qué ha de hacerse día a día en cada unidad productiva para colaborar en el logro de la Estrategia de Operaciones. Con el conjunto de ellos se establecerá, además, la necesidad de todo un grupo de actividades de gestión, como, por ejemplo, las relativas a capacidad, talleres o inventarios. En definitiva, un largo y complejo camino a recorrer en la Dirección de Operaciones que se aborda en la segunda parte de la presente obra (J. A. D. Machuca y otros, 1994).

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

AAKER, D. A.: «Creating a Sustainable Competitive Advantage», *California Management Review*, Verano 1989.

ADAM, E. E., y EBERT, R. J.: «Production and Operations Management: Concepts, Models and Behavior», Prentice-Hall, 1992.

ALVAREZ GIL, M. J.: «La flexibilidad en la fabricación: bases para su definición y medida», *Economía Industrial*, n.° 289, 1993.

ANTHONY, R. N.: «El Control de Gestión», Deusto, 1990.

AQUILANO, N. J., y CHASE, R. B.: «Fundamentals of Operations Management», Irwin, 1991.

BECKMAN, S, L.; BOLLER, W, A.; HAMILTON, S. A., y MONROE, J. W.: «Using Manufacturing as a Competitive Weapon: the Development of a Manufacturing Strategy», en MOODY, P. E. (ed.), «Strategic Manufacturing. Dynamic New Directions for the 1990's», Business One Irwin, 1990.

BOWEN, D.; SIEHL, C., y SCHNEIDER, B.: «A Framework for Analyzing Customer Service Orientations in Manufacturing», *Academy of Management Review*, vol. 14, n.° 1, 1989.

BUENO, E.: «Dirección Estratégica de la Empresa. Metodología, técnicas y casos», Pirámide, 1987.

CHASE, R., y ERIKSON, W.: «The Service Factory», *The Academy of Management Executive*, vol. 2, n.° 3, 1988.

CHASE, R., y GARVIN, D.: «The Service Factory», *Harvard Business Review*, vol. 67, n.° 4, 1989.

CRONIN, J., y TAYLOR, S.: «Measuring Service Quality: A Reexamination and Extension», *Journal of Marketing*, vol. 56, julio 1992.

DILWORTH, J. B.: «Production and Operations Management. Manufacturing and Services», McGraw Hill, 1993.

DRUCKER, P.: «The Emerging Theory of Manufacturing», *Harvard Business Review*, n.° 90080, 1991.

EDMONDSON, H. E., y WHEELWRIGHT, S. C.: «Outstanding Manufacturing in the Coming Decade», *California Management Review*, vol. 31, n.° 4, 1989.

FERDOWS, K.; MILLER, J.; NAKEM, J., y OLMANN, T.: «Evolving Global Manufacturing Strategies: projection into the 1990's» en B. TWISS (ed.), «Operations Management in the 1990's», MCB, 1986.

FULMER y RUE: «The Practice and Profitability of Long-Range Planning», The Planning Executives Institute (citado en Koontz-O'Donell-Weihrich, 1985, pág. 129).

GAITHER, N.: «Production and Operations Management», The Dryden Press International, 1992.

GARBIN, M., e INVREA, G.: «El control de calidad», Deusto, 1979.

GARVIN, D. A.: «Planificación estratégica de la producción». *Harvard Deusto Bussiness Review*, vol. 59, n.° 1, 1994.

GERWIN, D.: «Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective», *Management Science*, vol. 39, n.° 4, 1993.

GILBERT, N.: «Uncle Sam: Secret Enemy of U.S. Competitiveness», *Management Review*, enero, 1990.

GRAY, C. D.: «The Right Choice», Oliver Wight Ltd. Publications, 1987.

GUPTA, Y. P., y SOMERS, T. M.: «The measurement of manufacturing flexibility», *European Journal of Operational Research*, 60, 1992.

HARRINGTON, H. J.: «El coste de la mala calidad», Díaz de Santos, 1990.

HAYES, R. H., y WHEELWRIGHT, S. C.: «Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing», John Wiley & Sons, 1984.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C., y CLARK, K. B.: «Dynamic Manufacturing. Creating the Learning Organization», The Free Press, 1988.

HEIZER, J. y RENDER, B.: «Production and Operations Management», Allyn and Bacon, 1991.

HILL, T.: «Production/Operations Management/Text and Cases», Prentice Hall, 1991.

IEMMOLO, G. R.: «Master Planning: From Theory to Practice», 26th Annual Int. Conference Proceedings APICS, 1983.

JURAN, J. M., GRYNA, F. M. Jr. y BINGHAM, R. S. Jr.: «Manual de Control de Calidad», Reverté, 1990.

KOONTZ, H., O'DONELL, C., y WEIHRICH, H.: «Administración», McGraw Hill, 1985.

KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations Management. Strategy and Analysis», Addison Wesley, 1990.

LEONARD, F. S.: «Integrating Business and Manufacturing Strategy», en MOODY, P. E. (ed.), Op. Cit., 1990.

MACHUCA, J. A. D.: «¿Es posible y necesaria la Planificación Estratégica en la PYME?», Primeras jornadas de estudios socioeconómicos de las Comunidades Autónomas, tomo V, Publicaciones del C.U.R., 1982.

MACHUCA, J. A. D.; DURBAN, S., y MARTÍN, E.: «El subsistema productivo de la empresa», Pirámide, 1990.

MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; MACHUCA, M. A. D.; RUIZ, A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de Operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios», McGraw Hill, 1994.

MARTÍNEZ, A.: «La estrategia de fabricación y la competitividad de la empresa», *Alta Dirección*, n.° 162, 1992.

MATHER, H.: «Competitive Manufacturing», Prentice Hall Bussiness Classics, 1988.

MCLAIN, J., THOMAS, I. J., y MAZZOLA, J. B: «Operations Management», Prentice Hall, 1992.

MEREDITH, J. R.: «The Management of Operations: a conceptual emphasis», John Wiley and Sons, 1992.

MELNYK, S. A., y GONZÁLEZ, R. F.: «MRP II: the Early Returns Are In», *Production and Inventory Management*, primer trimestre, 1985.

MILLER, J. G., y ROTH, A. V.: «A Taxonomy of Manufacturing Strategies», *Management Science*, vol. 40, n.° 3, marzo, 1994.

MILLER, J. G.; AMARO, A.; DE MAYER, A.; FERDOWS, K.; NAKANE, J., y ROTH, A.: «Closing the Competitive Gaps: The International Report of the Manufacturing Roundtable», Boston University School of Management, 1989.
MURDICK, R. G.; RENDER, B., y RUSSELL, R. S.: «Service Operations Management», Allyn and Bacon, 1990.
PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, V. A., y BERRY, L. L.: «A Conceptual Model of Service Quality and its Implications for Future Research», *Journal of Marketing*, vol. 49, n.° 4, 1985.
PENDLETON, W. E.: «MRP II Begins with the Strategic Business Plan», *Interfaces Seminar Proceedings*, APICS, marzo, 1980.
PLOSSL, G. W.: «Managing in the New World of Manufacturing», Prentice Hall, 1991.
PÜMPING, C., y GARCÍA, S.: «Estrategia empresarial», Díaz de Santos, 1993.
ROTH, A.: «Differentiated Manufacturing Strategies for the Competitive Advantage: An empirical investigation», Boston University, 1986.
SCHMENNER, R. W.: «Look Beyond the Obvious in Plant Location», *Harvard Business Review*, enero-febrero, 1979.
SCHROEDER, R. G.: «Administración de Operaciones», McGraw-Hill, 1992.
SETHI, A. K., y SETHI, S. P.: «Flexibility in Manufacturing: A Survey», *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, vol. 2, n.° 4, 1990.
SHEETS, K. R., y BLACK, R. S.: «America's Blue Collars get down to Business», *U. S. News & World Report*, 29-2, 1988.
SKINNER, W.: «Manufacturing: The Missing Link in Corporate Strategy», *Harvard Business Review*, 1969.
STEVENSON, W. J.: «Production/Operations Management», Irwin, 1990.
TEAS, R.: «Expectations, Performance Evaluation and Consumer's Perceptions of Quality», *Journal of Marketing*, vol. 57, octubre 1993.
WALLACE, T. F.: «APICS Dictionary», APICS, 1984.
WATERS, C. D. J.: «An Introduction To Operations Management», Addisson Wesley, 1991.
WHEELEN, T. L., y HUNGER, J. D.: «Strategic Management», Addison Wesley, 1990.
WIGHT, O. W.: «MRP II: Unlocking America's Productivity Potential», CBI Publishing Co., 1981.

PARTE SEGUNDA

EL DISEÑO DEL SUBSISTEMA DE OPERACIONES

CAPITULO 4

LA SELECCION Y DISEÑO DEL PRODUCTO

4.1. INTRODUCCION

El desarrollo consistente y la introducción de nuevos productos que valoren los clientes es un importante factor para la prosperidad y crecimiento de una organización. La **Estrategia de Productos y Servicios** consiste esencialmente en la selección, definición y diseño de los mismos, debiendo poner la Alta Dirección los medios oportunos para asegurar el logro de la ventaja competitiva. El éxito será más fácil de alcanzar cuando se emplee un equipo de desarrollo del producto. Adicionalmente, la propia Función de Operaciones debe disponer de *capacidad para la gestión, destreza y recursos tecnológicos y humanos;* si no se poseen estas características, o si se poseen pero no van a contribuir para apoyar al producto y/o servicio y reforzar la posición competitiva de la firma, es recomendable que ésta no se aventure a producirlo u ofertarlo.

También es importante destacar que la decisión que se adopte sobre el producto o servicio a ofrecer marcará las decisiones que se tomen en las distintas áreas de la Dirección de Operaciones. Así, por ejemplo, si una tintorería se especializa en servicios rápidos, de duración no superior a una hora, su inversión en equipos será diferente a la que precisará una tintorería convencional; lo mismo que sus actividades publicitarias o los perfiles requeridos al personal a contratar. Por otra parte, las decisiones sobre la selección y diseño de un producto deben ser tomadas por la organización en su conjunto, dado que toda ella se verá afectada por las mismas; algunos de sus efectos se recogen en el Cuadro 4.1 (elaborado a partir de Gaither (1992, pág. 95)).

El diseño de productos desempeña un papel clave en la competitividad de una empresa, puesto que (Dixon y Dufey, 1990, pág. 13):

- Los factores coste, calidad y tiempo de servicio están íntimamente ligados a aquél.
- Las pérdidas de mercado se deben muy frecuentemente a las deficiencias del diseño de productos.
- Todos los procesos productivos están condicionados por el diseño de los productos.
- Numerosos problemas técnicos relacionados con el proceso fabril tienen su origen en él.
- Las probabilidades de superar a los competidores son mucho mayores cuando se emprenden acciones de diseño que cuando se revisan únicamente los procesos.

Cuadro 4.1. Implicaciones de las decisiones relativas a productos sobre la organización

A) **Adecuación a la cartera de productos y servicios de la firma.** Si el nuevo producto se adecúa a los objetivos y mercados actuales de la empresa puede producirse un efecto sinérgico con los productos y/o servicios existentes, incrementando su aceptabilidad y difusión. En caso contrario, puede descentrar la actividad de la empresa y dañar las fortalezas competitivas poseídas.
B) **Materiales.** Los materiales a emplear afectan a la fortaleza, rendimiento, duración y vida útil del producto. Un artículo duradero y de calidad precisará diferentes materiales que los requeridos por uno económico de bajo precio.
C) **Equipos.** Cuando se va a ofrecer un producto estandarizado se recomienda el empleo de equipos automatizados con gran capacidad. Si se ofrecen productos personalizados los equipos deberán ser de tipo universal y flexibles.
D) **Procesos.** El diseño del producto o servicio afecta significativamente al tipo de proceso a elegir (por ejemplo: si se quieren utilizar robots, los diseños deberán evitar tuercas y tornillos, porque aquéllos no son capaces de atornillar con precisión suficiente).
E) **Financiación.** Si se van a ofertar productos de bajo coste y alto volumen de fabricación, habrá que desembolsar importantes sumas porque la maquinaria de precisión necesaria es costosa. Junto a estos costes fijos elevados surgirán bajos costes variables. Por el contrario, para bajos volúmenes de producción de artículos personalizados, la inversión en equipos puede ser sustancialmente inferior, pero los costes variables serán muy elevados debido a los superiores costes de la mano de obra directa y a la no aparición de economías de escala. No obstante, ha de hacerse notar que las nuevas tecnologías de fabricación permiten alcanzar economías de alcance (véase Capítulos 7 y 10), junto a una flexibilidad superior (véase Capítulos 5, 10 y 11).
F) **Personal.** Para servicios o productos a la medida, poco estandarizados, se necesitarán personas innovadoras y bien formadas en el contenido de su tarea. Para los productos masificados, en los que es posible automatizar, los niveles de destreza no son tan importantes.

La introducción de nuevos productos constituye hoy en día uno de los planes de acción fundamentales para alcanzar la ventaja competitiva (véase Apartado 2.4). El escenario en que las empresas se mueven actualmente sugiere que las dificultades e incertidumbres asociadas al desarrollo de nuevos y mejores productos están creciendo, lo mismo que la presión para una mayor rapidez en su desarrollo. En numerosas industrias tecnológicamente avanzadas nos encontramos con los siguientes rasgos (Gupta y Wilemon, 1990, pág. 24), algunos de los cuales ya fueron comentados en el Capítulo 2:

- Competencia global y doméstica creciente.
- Desarrollo continuado de nuevas tecnologías que hacen obsoletos rápidamente a productos ya existentes.
- Necesidades y demandas cambiantes de los clientes que truncan los ciclos de vida de los productos.
- Superiores costes de desarrollo de los nuevos productos.
- Necesidad creciente de involucrar a organizaciones externas en el proceso de desarrollo de nuevos productos (por ejemplo: clientes, proveedores, colaboradores estratégicos, gobiernos, etc.).

Dada la tendencia actual del mercado, la definición, selección y diseño de un producto se realizan de forma continua en el tiempo. Algunos factores que afectan a las oportunidades surgidas de la evolución del mercado son:

- *Cambio económico*: mientras que la disponibilidad de fondos de las familias crece a largo plazo, se producen cambios en los ciclos económicos y en los precios a corto plazo. Así, aunque a largo plazo todos los españoles puedan tener uno o varios coches, el elevado precio de la gasolina puede restringir la potencial demanda.
- *Cambio sociológico y demográfico*: los hábitos y necesidades de los consumidores están cambiando (por ejemplo: aumenta la demanda de comidas preparadas y de bajas calorías entre la población femenina trabajadora, se construyen viviendas con menor número de dormitorios, aparecen nuevos vehículos de mínimas dimensiones).
- *Cambio tecnológico*: ha impulsado la caída de numerosas barreras en el campo del conocimiento (por ejemplo: actualmente es posible hacer operaciones quirúrgicas sin necesidad de «abrir» al paciente, transmitir miles de datos y documentos por correo electrónico o asistir a vídeo-conferencias).
- *Cambio político*: genera la aparición de nuevos acuerdos sobre el comercio, tarifas, contratos para la Administración, etc. (por ejemplo: la Unión Europea y su desarrollo, el NAFTA, el GATT, etc. (véase Capítulo 2)).
- *Otros cambios*: prácticas comerciales, requisitos profesionales, relaciones con clientes, relaciones con distribuidores, etc.

Los responsables de Operaciones deben estar al tanto de la evolución de los mencionados factores y ser capaces de anticipar los posibles efectos sobre sus productos, tanto en volumen, como en el mix o en los atributos.

4.2. CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS

La respuesta del mercado a cada producto suele tender, genéricamente hablando, a seguir un patrón más o menos predecible, al cual se le denomina **ciclo de vida del producto.** Este ciclo pretende recoger el hecho de que la mayoría de los productos atraviesa a lo largo del tiempo una serie de etapas, que se diferencian entre sí por la forma de crecimiento de las ventas en relación al tiempo; lo hemos representado en la Figura 4.1, en la cual se han indicado, además, las posiciones de distintos productos en su ciclo de vida.

Para la Dirección de Operaciones, lo importante de este patrón es la relación que pueda existir entre cada una de las etapas que lo componen y las decisiones a

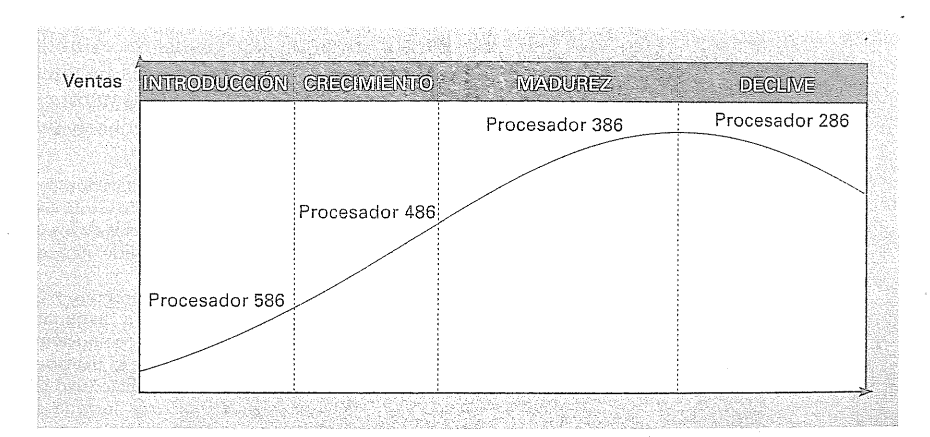


Figura 4.1. El ciclo de vida del producto.

tomar y/o actuaciones a emprender. Esta no sólo ha de estar preparada para lanzar nuevos productos, sino que, además, ha de ser capaz de reforzar la línea o líneas de los ya existentes; estos últimos han de ser examinados periódicamente, tanto para comprobar en qué etapa del ciclo de vida se encuentran (*auditoría del ciclo de vida*[1]) como para determinar la posible necesidad de modificaciones o de reforzar el diseño existente. Debe tenerse presente que la Estrategia de Operaciones y la tecnología productiva a emplear varían a lo largo del ciclo de vida, en cuanto que aspectos básicos como estandarización, volumen de fabricación y ventas, variedad de la gama, estructura del sector industrial o estructura competitiva difieren en cada etapa.

Las diferentes etapas del ciclo de vida demandan diferentes estrategias. Así, los productos que se encuentran en la etapa de **introducción** suelen requerir desembolsos especiales destinados a proseguir esfuerzos de investigación, desarrollo de productos, modificaciones y mejoras del proceso y desarrollo de relaciones con clientes. Estos desembolsos son necesarios para «afinar» el producto de acuerdo con las características del mercado y buscar un proceso productivo adecuado. Durante esta etapa el producto aún no está perfeccionado, ni en lo que respecta a su diseño ni en lo que se refiere a su proceso; tampoco se sabe si gozará de una amplia aceptación de la clientela.

A lo largo de la etapa de **crecimiento**, en el que las ventas crecen más que proporcionalmente, se va recabando suficiente información sobre las preferencias de los consumidores, lo que permite iniciar la estandarización del producto, el ajuste del proceso, la definición de la estrategia a seguir y los rasgos del producto que se resaltarán en su comercialización. En esta fase, los esfuerzos habrán de concentrarse en conseguir estimaciones eficaces de la capacidad necesaria, pudiendo ser necesario aumentar la existente para poder atender al incremento en la demanda del producto. Se trata, por tanto, de una etapa especialmente crítica porque el proceso productivo debe prepararse para elaborar, en un tiempo relativamente corto, cantidades crecientes del producto dentro de unos límites de calidad, coste y tiempo de entrega razonables. El proceso debe, por tanto, estar preparado para este momento, lo cual hace que sea necesario sentar las bases que, en un futuro, permitan desplazarse desde unas configuraciones de fabricación a medida y por lotes tipo *batch* a una fabricación en línea (véase Apartado 5.2.2.2). Además del coste que esto supone, no debe olvidarse el esfuerzo en publicidad que debe acompañar a esta transformación[2].

La etapa de **madurez** suele caracterizarse por la progresiva saturación del mercado, lo que lleva a que las ventas se estabilicen a lo largo del tiempo. Cuando el producto alcanza su madurez los problemas a afrontar por la Dirección de Operaciones varían, siendo esencial mantener durante el mayor tiempo posible el alto nivel de demanda que se generó durante la etapa anterior. Lo

[1] La auditoría del ciclo de vida consiste en la identificación de la etapa de éste en que se encuentra cada producto en un determinado momento. Para ello, se toman como criterios de evaluación las evoluciones mostradas por las cifras de ventas y beneficios de los ejercicios inmediatamente anteriores; de esa forma se determina si han crecido o descendido más que proporcionalmente o si se han mantenido.

[2] Un magnífico ejemplo de las relaciones entre Marketing y Operaciones durante la introducción de nuevos productos en el mercado lo tenemos en la maquinilla de afeitar Sensor de Gillete. La empresa realizó un gran esfuerzo publicitario en la promoción del nuevo producto y estimó qué capacidad productiva necesitaría para poder atender a la demanda que se generase como consecuencia de la campaña publicitaria. El éxito fue tal que Gillete tuvo problemas para atender en el tiempo adecuado la avalancha de pedidos, viéndose además forzada a paralizar la segunda etapa de la campaña, aun cuando ésta ya estaba parcialmente pagada.

adecuado en esta fase suele ser aumentar al máximo el volumen de producción y reducir la innovación. Numerosas empresas se tornan, en cierto sentido, más vulnerables a los cambios de la demanda, en cuanto que se han concentrado en la fabricación de un núcleo reducido de artículos, lo que limita su flexibilidad. No obstante, una empresa con productos en su fase de madurez puede esforzarse por mejorar sus procesos productivos con el objetivo de *mejorar los costes* y *aumentar la calidad*; aunque esta última es siempre un factor de peso en la aceptación de un artículo, es particularmente importante durante la madurez. En esta etapa la competencia alcanza sus niveles más feroces, por lo que los productos no deben limitarse a competir en precios, sino con las *restantes prioridades competitivas* y, si ello es posible, han de *ampliarse las versiones del modelo básico*. Estos cambios actúan como barreras de entrada para los potenciales competidores. Asimismo, ha de tenerse presente que los productos maduros son los que aportan fondos a la empresa, permitiéndole arriesgarse en la introducción de otros nuevos. Dada la creciente volatilidad del mercado no debe confiarse en una duración indefinida de los productos maduros, más bien éstos deben emplearse como «trampolines» para su progresiva sustitución por otros nuevos. La empresa Mattel, por ejemplo, depende excesivamente de las ventas de su producto estrella: la muñeca Barbie (que supone un 35% del total de su facturación); a fin de reducir esta dependencia y anticipando futuros cambios en el gusto de sus consumidores, la firma destina parte de los beneficios logrados con este artículo al diseño y desarrollo de un cochecito de juguete con ruedas de goma (Top Speed, destinado a niños de entre 4 y 10 años), el cual pretende comercializar en un futuro próximo. Los costes asociados al proceso de selección del nuevo producto y su posterior diseño han sido tan elevados que, sin los fondos aportados por Barbie, nunca se habrían podido afrontar.

Algunos productos logran ser bastante competitivos durante su etapa de madurez, lo que lleva a que ésta se prolongue. No obstante, siempre debe ser tenida en cuenta la necesidad de reposicionarlos. Una posibilidad consiste en fabricar versiones mejoradas del propio producto (por ejemplo: la progresiva sustitución de los microprocesadores en el sector de la informática o la nueva versión del mundialmente conocido «escarabajo» de VolksWagen (véase Figura 4.2)).



Figura 4.2. El «escarabajo» cambia de imagen: el Concept I.

Otra posibilidad es la consistente en generar versiones complementarias de las ya existentes. Pensemos, por ejemplo, en el caso de productos como Cola Cao o Nesquik, que han alcanzado hace tiempo su etapa de madurez (y también parte de sus habituales consumidores son ya adultos). Ante la posibilidad de que se pueda producir una caída de las ventas, y dados los cambios que se están produciendo en la dieta alimenticia, las empresas fabricantes de estos productos, utilizando sus instalaciones productivas y su conocimiento del sector, han lanzado productos sustitutivos, como las versiones *light*, los preparados líquidos envasados en tetrabrik, etc. Algunos fabricantes de bebidas carbónicas están introduciendo en el mercado nuevos envases que impiden que el producto pierda gas a pesar de que se abra el recipiente en repetidas ocasiones. Otro ejemplo lo tenemos en la nueva línea de negocios abierta por Disney: la comercialización de cintas de vídeos de sus películas «clásicas» de dibujos animados[3].

La cuarta y última fase de los productos es el **declive**. Se precisa la mayor determinación posible por parte de la Dirección en la eliminación de aquellos productos cuya vida se extinga o esté próxima a ello. Esta eliminación parte de la aplicación del *principio de Pareto* al mix de productos: los recursos han de invertirse en unos pocos productos críticos y no en muchos triviales. Una de las técnicas empleadas para abordar la eliminación de los productos que ya han alcanzado su fase de declive, o la alcanzarán próximamente, es ordenarlos en orden decreciente de su contribución unitaria a la empresa; también es posible utilizar la clasificación ABC (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Apartado 1.4.3.1), según la cual se elaboran categorías en función de la contribución total anual por productos. Estos informes permiten a la Dirección evaluar las diferentes estrategias posibles para cada producto, entre las cuales pueden encontrarse las encaminadas a incrementar los cash-flows, la penetración en el mercado o la reducción de costes.

No debe olvidarse que algunos productos, tras atravesar su etapa de madurez, no entran en la etapa de declive sino que se consolidan en el mercado como bienes básicos. Aun en este caso, la Dirección de Operaciones no debe abandonar su actitud proactiva, buscando formas de mejorarlos y complementarlos. Por ejemplo, la gasolina super, que parecía estar más que consolidada en el mercado, está empezando a ser sustituida poco a poco por sus versiones mejoradas, como la gasolina sin plomo o la superplus. También las bombillas tradicionales, aunque se mantienen en el mercado, están viendo descender su demanda con la aparición de las nuevas versiones de bajo consumo y larga duración. La famosa Aspirina de Bayer, afectada por la aparición de productos competidores, ha sido modificada para poder mantener su cuota de mercado. Otros artículos, como los radiocasetes para automóviles, ya son bienes básicos, por lo que sus fabricantes han de buscar la diferenciación si quieren mantener su posición competitiva (por ejemplo: Pioneer ha introducido recientemente un nuevo modelo con frontal extraíble en imitación de madera para los vehículos de la gama alta).

La **duración del ciclo de vida** de un producto depende básicamente de la naturaleza del propio producto. Así, un diario matinal tiene un ciclo de duración máxima de un día, las revistas de modas pueden tener la duración de cada estación o temporada, un calendario tendrá una vida de un año y el disco duro de un ordenador puede durar varias décadas. Otro factor crítico relacionado con la duración y forma del ciclo de vida es la tremenda mortalidad de los nuevos productos, de los que sólo un pequeño porcentaje llega a su etapa de madurez. A pesar del enorme riesgo que esto representa, la empresa no puede eludir la introducción de los mismos, pues de ello depende su supervivencia, especialmente en el momento actual. Por tanto, se vuelve crítico para la Dirección de Operaciones *el diseñar un sistema que ayude a introducir satisfactoriamente nuevos productos*. Si esta tarea no puede ser acometida, la empresa habrá de afrontar pérdidas, sobre cuya duración nada puede predecirse.

[3] La película «El Libro de la Selva» se llevó a la gran pantalla en 1967; desde entonces, se ha ido reponiendo periódicamente y, a partir de 1992, se empezó a distribuir en vídeo en Europa. En sólo tres meses se vendieron más de 12 millones de copias.

La Figura 4.3 ilustra las relaciones existentes entre las ventas de un producto, el coste asociado y el beneficio obtenible a lo largo del ciclo de vida. Es normal que durante la etapa de introducción y desarrollo los cash-flows generados por el producto sean negativos; cuando éste se consolida se recuperan las pérdidas iniciales. En algunos casos, el beneficio se obtiene antes de alcanzar la etapa de declive; no obstante, al llegar a esta fase decrecerá. Esta situación requiere que, continuamente, se estén introduciendo nuevos productos y que la Dirección de Operaciones desarrolle una participación proactiva. Como ya comentamos anteriormente, la continuada sustitución de productos puede hacer que los beneficios de los más antiguos ayuden a financiar las primeras etapas de los nuevos y así sucesivamente; la Figura 4.4 ilustra esta situación.

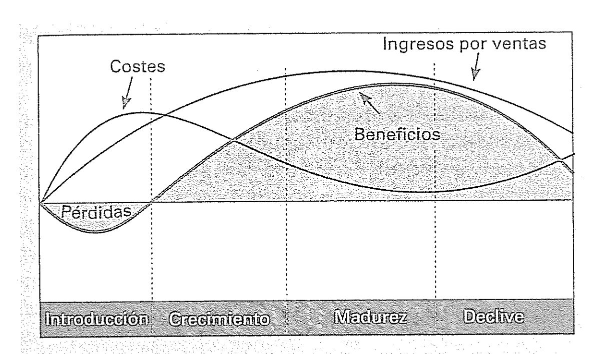


Figura 4.3. Ventas, coste de ventas y beneficio obtenible en las distintas etapas del ciclo de vida de un producto.

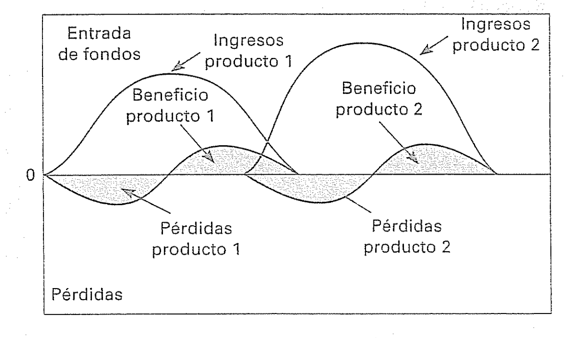


Figura 4.4. Efectos financieros de la sustitución de productos.

4.3. LA SELECCION DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

Para llegar a la obtención de un producto o servicio es necesario recorrer un camino en el que la selección es la primera etapa; la segunda, abordada en el Apartado 4.4, es el diseño del producto elegido y la tercera (véase Capítulo 5), es la elección y diseño del proceso que llevará a su obtención. Las tres fases están íntimamente relacionadas y, en numerosas ocasiones, deben desarrollarse simultáneamente. La etapa que nos ocupa ahora consta de dos partes: la *generación de ideas* y la *evaluación* de las mismas.

4.3.1. Generación de ideas

Las ideas sobre posibles nuevos productos o modificaciones y mejoras de los ya existentes pueden provenir de muchas fuentes: clientes, investigación de mercados, vendedores, departamento de I+D, proveedores, competidores, etc. Debido a la vinculación con el mercado que debe existir en esta fase, el departamento de Marketing desempeña un papel esencial, sugiriendo nuevos productos o servicios, nuevos clientes, nuevos mercados, e incluso, si es necesario, cambios en la orientación empresarial. Aquellas ideas que surgen a partir de una necesidad identificada forman parte de lo que se conoce como **tirón de la demanda,** mientras que las que provienen de los resultados de la investigación (por ejemplo: vitrocerámica, cirugía por láser o satélites de comunicación) se incluyen dentro de la categoría denominada de **empuje tecnológico** (véase Capítulo 12).

Durante la selección de un producto o servicio es importante tener presente que éste es algo más que las características tangibles proporcionadas al cliente, pues incluye también los aspectos intangibles que pueden influenciar significativamente el comportamiento de los consumidores (por ejemplo: dos restaurantes distintos pueden emplear las mismas materias primas y cocineros de idéntica cualificación y, sin embargo, el resultado final puede ser considerado por los clientes como algo completamente distinto). Es importante analizar, por tanto, cuáles pueden ser estos aspectos que no constituyen la esencia del producto en sí pero pueden contribuir enormente a su aceptación.

Por lo que respecta a los departamentos de I+D, éstos son responsables de crear y desarrollar los outputs organizativos, pero no de fabricarlos[4], necesitando la estrecha colaboración de las restantes áreas funcionales de la empresa (véase Cuadro 4.2, elaborado a partir de Gaither, 1992, pág 99).

En determinadas ocasiones, las firmas no destinan sus fondos a investigar, sino que los aplican a imitar ideas que ya han conseguido éxito (por ejemplo: fabricantes de ordenadores clónicos) o a adquirir los derechos sobre los inventos de otras empresas (situación relativamente frecuente en nuestro país). La opción de imitar supone, por una parte, que la empresa no será pionera en el mercado pero, por otra, le da la oportunidad de mejorar con cierta rapidez diseños ya existentes y poderlos ofrecer a mejores precios. La adquisición de derechos elimina los riesgos de mortalidad de la investigación, pero requiere el desarrollo del producto o servicio antes de conocer si será o no un éxito. *Otras compañías prefieren investigar en procesos* en lugar de en productos, éste sería el caso de los productos derivados del estudio del tratamiento del plástico, la lycra, la fibra de vidrio, etc. No obstante, *aquellas empresas que han conseguido mejores resultados* en los últimos años *han dedicado sus esfuerzos a investigar conjuntamente en productos y procesos.*

4.3.2. Evaluación y selección

Durante esta etapa las distintas ideas sufren un conjunto de baterías de pruebas y exámenes antes de recibir la aprobación necesaria para que se inicie su diseño

[4] Un tratamiento más detallado de la Investigación y Desarrollo puede encontrarse en el Capítulo 12. No obstante, a título de ejemplo, recogemos a continuación algunos resultados asociados a productos surgidos en el departamento de I+D de la firma 3M, esencialmente en nuevos materiales, de aplicación en la industria automovilística: aumentan la resistencia de juntas y manguitos a la gasolina y al aceite, absorben las vibraciones y reducen el peso del vehículo, alargan la vida de los catalizadores, mantienen unidas distintas partes del vehículo, protegen las tapicerías, reducen calor y deslumbramiento, etc.

Cuadro 4.2. Implicación funcional en las distintas etapas del proceso de selección y diseño de los productos

Etapa	I+D	Márketing	Ingeniería	Fabricación	Finanzas	Contabilidad
Selección.	◦ Investigación básica. ◦ Investigación aplicada.	◦ Ideas y necesidades de clientes. ◦ Estimación de la demanda. ◦ Sensibilidad en precios. ◦ Acciones de la competencia.	◦ Análisis de factibilidad del producto o servicio. ◦ Feedback sobre ideas.	◦ Ideas de los proveedores. ◦ Análisis de la factibilidad del proceso.	◦ Cálculo de resultados. ◦ Preparación de documentos proforma. ◦ Valoración del riesgo del proyecto.	◦ Estimación de costes e ingresos.
Diseño.	◦ Desarrollo.	◦ Ideas de diseño. ◦ Estrategias de: — Publicidad. — Ventas. — Distribución.	◦ Diseño preliminar. ◦ Construcción del prototipo. ◦ Prueba prototipo. ◦ Diseño Final.	◦ Diseño preliminar del proceso. ◦ Construcción del prototipo.	◦ Actualización de documentos proforma. ◦ Búsqueda de financiación.	◦ Actualización de estimaciones de costes e ingresos. ◦ Seguimiento de los costes de producción del prototipo.

y desarrollo. Entre estas pruebas se incluyen las estimaciones de necesidades y análisis de mercado, valoración de las reacciones de los competidores, análisis de viabilidad económica, estudios de factibilidad técnica y listas de control del ajuste a las características y condiciones organizativas. De acuerdo con los resultados de estos estudios, sólo un número muy limitado de ideas son seleccionadas para un análisis posterior.

Este proceso preliminar de valoración involucra fundamentalmente a los departamentos de Marketing, Operaciones y Finanzas. Los criterios seguidos por *Marketing* afectan, por ejemplo, a las expectativas promocionales, suficiencia de la demanda, sinergia con las líneas de productos existentes, competencia actual y potencial, relación satisfacción, necesidad versus precio, rendimiento, fiabilidad, disponibilidad y calidad. El departamento de *Operaciones* estará preocupado por la factibilidad técnica del bien o servicio, esto es, si se podrán desarrollar adecuadamente las operaciones necesarias para su fabricación. Esta preocupación comprende la compatibilidad del nuevo proceso productivo con los equipos, procesos, conocimientos y habilidades, plantas, proveedores, etc., ya existentes. Ha de determinarse asimismo la posibilidad de patentar el producto o si, por el contrario, pudieran infringirse derechos de patentes, en cuyo caso será necesario estudiar los medios legales a emplear para evitarlo. *Finanzas* se preocupará por las necesidades de financiación de capital, así como por la rentabilidad esperada. Los aspectos a considerar serán, entre otros, el riesgo del proyecto, la longitud del ciclo de vida, los márgenes de beneficio esperados, las necesidades iniciales de inversión, la rentabilidad de ésta y los flujos de caja del proyecto. Las técnicas a disposición de este departamento son varias y ofrecen una primera estimación de las ventajas que puede ofrecer el nuevo producto en comparación con otras posibles opciones de inversión de la empresa. Entre ellas podemos citar el plazo de recuperación, la rentabilidad sobre la inversión, el valor actual neto o valor capital o, incluso en algunas ocasiones, el análisis del punto muerto (véase Anexo a Parte II). Siempre que se cumplan las hipótesis necesarias para su aplicación,

esta última técnica permitirá responder a diversas cuestiones de interés, antes de incluir un nuevo producto en el mix ya existente, tales como:

- ¿A partir de qué volumen de producción vendida empezará el producto a generar beneficios?
- Dados unos precios y unas estimaciones de venta, ¿se conseguirán beneficios?
- Dados unos determinados costes fijos, ¿cuáles deberían ser los costes variables para obtener beneficios?
- ¿Cuál es la sensibilidad del punto muerto a las modificaciones en los precios de venta?

Por último, el **test de ajuste organizativo** se lleva a cabo para evaluar la consistencia entre el nuevo producto o servicio y la Organización. Cada nuevo producto debería reforzar los puntos fuertes de la misma y su ventaja competitiva, complementar la cartera de productos o servicios y adecuarse a las estructuras, objetivos y planes futuros de la empresa. Han de tenerse presentes, asimismo, las posibles repercusiones del nuevo bien sobre la demanda de los ya existentes, así como sobre los procesos productivos en marcha. El Cuadro 4.3 muestra una prueba o test de ajuste[5]; las correspondientes calificaciones cualitativas y subjetivas son susceptibles de ser utilizadas conjuntamente mediante las técnicas multicriterio (véase Anexo a Parte II).

Cuadro 4.3. Ejemplo de test de ajuste de un nuevo producto

AREA		Poco	Suficiente	Bien	Excelente
GENERAL	Ajuste con objetivos a largo plazo				✓
	Fortalecimiento puntos fuertes	✓			
	Atractivo para la Alta Dirección		✓		
	Empleo de la experiencia empresarial			✓	
MERCADO	Demanda adecuada			✓	
	Competencia actual y potencial	✓			
	En línea con la tendencia del mercado				✓
	Refuerza una línea existente		✓		
FABRICACION	Capacidad disponible			✓	
	Oferta y precio de materiales			✓	
	Know-How de Ingeniería		✓		

[5] Para otros ejemplos y ejercicios prácticos de estos tests puede acudirse a J. A. D. Machuca y otros, 1990 (Capítulo 1).

4.4. ETAPA DE DISEÑO Y DESARROLLO DEL PRODUCTO

El departamento de Ingeniería desempeña aquí una actividad principal, existiendo una información recíproca con el resto de las áreas, a la cual ya aludimos anteriormente. Esta etapa comprende, a su vez, tres fases: el *diseño preliminar*, la *construcción y prueba del prototipo* y el *diseño final*.

4.4.1. El diseño preliminar

Esta fase sigue a la de evaluación y selección. En ella, el equipo de diseñadores no especifica el propio bien o servicio, sino cómo debería funcionar éste cuando el cliente lo emplee, es decir, cuánto tiempo debería durar, qué debería hacer, cómo debe ser de rápido en su función, etc. El paso siguiente consistirá en tomar decisiones sobre los materiales a emplear, etc. Si se llega a un acuerdo razonable, se posee ya el **concepto de diseño** o **diseño preliminar**. Si las decisiones que llevaron a él fueron adecuadas, el prototipo que se desarrolle a partir del mismo superará previsiblemente la siguiente fase de pruebas. Cuando éste no sea el caso habrá que repetir toda la etapa de diseño preliminar, con el consiguiente incremento de costes y retrasando la presentación del producto en el mercado. Entre los factores a considerar al decidir sobre el concepto de diseño se encuentran (Gaither, 1992, pág. 109):

- *Función a realizar:* Debe ser desarrollada correctamente por el nuevo producto.
- *Costes:* No deben ser excesivos para el mercado objetivo.
- *Tamaño y forma:* Deben ser compatibles con la función y ser aceptables y atractivos para el mercado.
- *Aspecto:* En algunos casos es equivalente a la función y, en otros, carece de relevancia.
- *Calidad:* Debe ser compatible con el propósito. Un nivel excesivo puede encarecer el producto en demasía y una calidad insuficiente dará lugar a reclamaciones o incluso a la no aceptación del producto en el mercado.
- *Impacto ambiental:* Su consideración es cada vez más importante (véase Apartado 2.3.3); de acuerdo con ello, el artículo no debería dañar el ambiente o estar envasado en recipientes peligrosos.
- *Producción:* El producto o servicio debe poder ser elaborado sin dificultad.
- *Tiempo:* El producto debe estar disponible con rapidez y, en cualquier caso, cuando sea requerido. Esta característica, especialmente relevante en los servicios, está tomando cada vez mayor importancia (véase Apartado 2.3.2).
- *Accesibilidad:* El recipiente debería ser capaz de permitir obtener el producto o servicio con facilidad.
- *Necesidad de recipiente:* Este es un aspecto importante que debe ser considerado durante la fase de diseño (por ejemplo: piénsese en el caso de los restaurantes tipo «self-service» o algunos artículos de bricolage).

4.4.2. Construcción y prueba de prototipos, plantas pilotos y realización de pruebas de mercado

Esta es una de las fases más importantes del proceso de desarrollo de un nuevo bien o servicio; el **prototipo** pretende reflejar las características más importantes

que aquél deberá presentar en su estado final, por lo que se elabora a partir del *concepto de diseño* generado en la fase anterior. Sin embargo, algunas cualidades importantes no pueden ser recogidas por el prototipo, por lo que éste se considera más un elemento para la recogida de información adicional que para la toma de decisiones. En este sentido, piénsese, por ejemplo, que algunos prototipos de coches son de yeso o escayola; este material permite reflejar con bastante exactitud las características físicas del modelo, pero no otras como su velocidad o confort. Otro factor a considerar es que una gran parte de los prototipos están efectuados a escala, por lo que es de vital importancia que las diferencias entre proporciones estén detalladamente reflejadas a fin de que no induzcan a confusión en desarrollos posteriores del producto. En otras ocasiones se hacen las pruebas con productos auténticos. Por ejemplo: para comprobar que un avión de caza no es detectable por los radares se hacen pruebas con el propio avión antes de comenzar su producción industrial; algunas empresas de software envían sus programas a las Universidades (versiones beta) para comprobar la bondad de los mismos antes de lanzarlos al mercado, etc.

A veces interesa, además, representar el tipo de proceso productivo más adecuado para el producto, en cuyo caso se procede a la construcción de **plantas pilotos**, que son reproducciones a escala de la hipotética planta productiva en que el producto será fabricado y de las condiciones de proceso necesarias. La construcción de estas plantas no es barata, pero merece la pena si se piensa el desembolso que habría que realizar si las pruebas se hicieran con una real, construida al efecto, sobre cuyos resultados no se puede anticipar ningún dato con exactitud. Para evaluar correctamente el funcionamiento de los prototipos y plantas pilotos suele acudirse al desarrollo de **pruebas de mercado** con muestras del producto o servicio. La complejidad inherente a la adecuada representación de las previsibles condiciones que afectarían al producto o al proceso durante su fabricación a gran escala es muy elevada y costosa. No obstante, debe intentarse y, mediante el empleo de la estadística para la selección de muestras, los resultados de la prueba pueden aportar una información muy valiosa. Dado que la etapa de construcción y validación de prototipos y plantas pilotos es crucial y supone un reto para todas las áreas funcionales implicadas en el diseño del producto, es fundamental que éstas dominen y entiendan el significado de las pruebas y tests a fin de que se puedan emprender cuanto antes las actuaciones encaminadas a la superación de las mismas.

La evaluación pretende comprobar el rendimiento en relación con diversos criterios de medida: rendimiento de ingeniería, atractivo para los clientes, duración, facilidad de uso, facilidad de producción, etc., pudiendo emplearse evaluadores internos o externos. De acuerdo con los resultados obtenidos, el diseño preliminar puede ser aceptado y ampliado, modificado o rechazado. La creación de prototipos inadecuados o incorrectos tiene efectos negativos sobre la empresa, pudiendo provocar incluso un descenso de su cotización bursátil.

4.4.3. El diseño final

Ya se indicó en la Introducción que el éxito de un producto puede ser mayor cuando se anima a participar en su diseño y desarrollo a aquellas personas que más pueden contribuir potencialmente a dicho éxito. En Occidente, donde existen claras divisiones departamentales, el mejor enfoque a seguir parece ser el de crear

formalmente un equipo responsable, que deberá encargarse de convertir las necesidades del mercado, referidas a un posible o hipotético producto, en un producto comercializable con éxito. Entre sus participantes deben encontrarse personas de Marketing, Fabricación, Compras, Control de Calidad o personal de servicio de campo (en algunos equipos también participan representantes de los proveedores y distribuidores). Por el contrario, la estructura organizativa de las empresas japonesas contribuye a que no precisen de la creación de estos grupos, en tanto que no se encuentran divididas por departamentos de I+D, Ingeniería, Producción, etc. (Clark y Wheelwright, 1993). Un buen equipo de desarrollo necesita (Schoonhoven y otros, 1990, pág. 184):

- Contar con un fuerte apoyo de la Alta Dirección.
- Tener un liderazgo cualificado y con experiencia previa.
- Poseer una organización formal del grupo.
- Disponer de programas de adiestramiento para enseñar las técnicas y capacitaciones requeridas para el desarrollo del producto.
- Reunir una diversidad de participantes y que exista cooperación entre ellos.
- Estar asistidos por el staff, el departamento financiero y el comercial.

Entre los cometidos de los equipos de desarrollo de productos se encuentran el conseguir que éstos sean *vendibles*, *fabricables* y *capaces de prestar un servicio*. Para alcanzar estos objetivos con la mayor eficiencia es de suma importancia que se lleven a cabo estudios detallados sobre la posibilidad de **estandarizar** partes del producto o el propio producto en su conjunto, la conveniencia de introducir el **diseño modular** y la **fiabilidad** del producto. Otros aspectos importantes en la etapa de diseño final, son los relacionados con la seguridad, la ingeniería de valor, el diseño para la fabricabilidad y el montaje y el análisis de valor. Todo ello será abordado seguidamente.

4.4.3.1. *Estandarización*

Durante la etapa de diseño, el equipo responsable debe definir aspectos tales como: *variaciones posibles en la fórmula o composición del producto* (por ejemplo: ingredientes del zumo de naranja), *formas del producto* (por ejemplo: teléfonos), *envase* (por ejemplo: botes de plástico, tetrabriks, cajas de cartón) y *«diseño» del producto* (por ejemplo: en prendas de vestir, motocicletas). La inclusión de versiones distintas puede contribuir a reforzar la demanda, pero ello será a cambio de costes de producción y distribución adicionales. En algunos casos, la variación es inevitable, como sucede, por ejemplo, con las distintas tallas del calzado, la ubicación del volante de los automóviles dependiendo del país en que vayan a ser utilizados, etc. La existencia de diferentes tamaños o formas hace que el distribuidor o el fabricante tengan que mantener inventario suficiente de cada uno de ellos, con lo cual, la suma de los diferentes stocks suele arrojar una cifra muy superior a la que se mantendría normalmente si sólo se trabajara con una versión básica. A ello hay que añadir que los artículos que presentan versiones variadas están más sujetos a las oscilaciones de la moda, con lo que los stocks pueden quedarse obsoletos en cortos períodos de tiempo. Estos factores han llevado a que se extienda el uso de las versiones estandarizadas de diferentes productos, como, por ejemplo, los distintos tipos básicos de gasolina, los pesos de las latas de

conserva de distinto tamaño, etc. En algunos casos puede ocurrir que no sean los fabricantes o los consumidores los que dicten la estandarización, sino que puede exigirla la propia normativa de cada país o mercado: esto sucede, por ejemplo, con las características que deben reunir los productos nucleares, los enchufes, los contenidos de plomo de los productos, las etiquetas de composición y fecha de caducidad de productos perecederos, etc.

No obstante, siendo importantes estas razones, no son las únicas, ni las que más peso han tenido, a la hora de motivar a las empresas para incrementar la estandarización de sus productos. Durante mucho tiempo, el objetivo primordial del diseño de los bienes o servicios ha sido simplificar el proceso productivo con el objeto de minimizar el coste unitario de aquéllos. La fabricación en serie o las líneas de montaje fueron desarrolladas con este fin; para instalar estos procesos productivos hubo que avanzar en la **estandarización** de las partes, mediante la cual se pretende que los productos se fabriquen conforme a unos estándares prefijados a fin de que, con independencia del lugar y momento en que hayan sido efectuados, sus piezas y componentes puedan ser intercambiados, si fuera necesario, sin afectar al funcionamiento normal del producto. Con ello se evita que las piezas y componentes tengan que ser fabricados a medida para cada producto, eliminando esfuerzos costosos e innecesarios.

Es obvio, pues, que la *estandarización* tiene algunas importantes **ventajas** en costes, tales como:

- Minimizar el número de piezas diferentes en almacén.
- Minimizar el número de cambios necesarios en los equipos de producción.
- Simplificar los procedimientos operativos y de control.
- Permitir la realización de compras de volumen superior y obtener descuentos por cantidad.
- Minimizar los problemas de servicio y reparación.
- Facilitar la fabricación de largas series de producción y la automatización del proceso.
- Justificar un mayor gasto en el perfeccionamiento del diseño y en la mejora de los procedimientos de control de calidad.

A pesar de que las empresas han conseguido importantes avances en su lucha por estandarizar sus productos y, con ello, sus procesos productivos, son, por desgracia, los componentes de mayor coste los que suelen ofrecer menos posibilidades. Esto conduce a que muchas empresas gasten tiempo y dinero en intentar mejorar componentes que no llevan a una mayor estandarización del producto, en lugar de concentrarse en aquéllos que contribuirían a una más rápida consecución de ahorro de costes.

Para abordar la estandarización es conveniente comenzar identificando *tres tipos de elementos:* los *diseños propios* de la empresa, los *componentes adquiribles en el exterior* y las *materias primas*. Es difícil estandarizar los diseños propios porque es poco probable que puedan servir para dos productos iguales, aunque se puede intentar generar *listas de materiales* en función de los aspectos comunes de los diferentes diseños (véase Apartado 4.5). Por el contrario, es más fácil estandarizar los componentes disponibles en el mercado (por ejemplo: si al diseñar un producto se elige un modelo de tornillo fácilmente localizable se eliminarán muchas tareas innecesarias, como la búsqueda o diseño de destornilladores específicos, tuercas especiales, etc.). Si consideramos las materias primas, su uso es aún mayor que el de componentes, por lo que si se pudiesen estandarizar, las ganancias a obtener aún serían mayores; cuanto más se pueda reducir la variedad de las utilizadas, mayores economías de escala se podrán obtener a partir del uso de las opciones seleccionadas.

La estandarización también ayuda a la consecución del servicio al cliente, pues éste obtiene ventajas con ella ya que puede encontrar los artículos comunes en cualquier establecimiento (por ejemplo: pilas, bombillas, cintas de vídeo, baterías de automóviles, etc.). Igual ocurre con las empresas de servicios; así, los códigos postales ayudan a identificar las ciudades, existen modelos estandarizados para efectuar las declaraciones de renta, solicitar la renovación del D.N.I., etcétera.

No obstante, la estandarización conlleva algunas **desventajas**. Así, las piezas y componentes estandarizados pueden ser de peor calidad o inferior rendimiento que las que no lo son, aunque el peor inconveniente es la rigidez o falta de flexibilidad (por ejemplo: el diseño actual de los teclados de ordenadores y máquinas de escribir puede ser fácilmente mejorado, pero la difusión de estos nuevos diseños encontraría muchas dificultades entre el conjunto de usuarios de las versiones convencionales, que podrían no desear aprender un nuevo sistema).

4.4.3.2. *Diseño modular*

Es un tipo de estandarización que se emplea para crear variedad o, al menos, generar una apariencia de variedad sin incurrir en los costes de la producción a medida. Mediante esta técnica se crean **módulos** o submontajes que son intercambiables y que permiten obtener diferentes combinaciones (el sector del automóvil está plagado de excelentes ejemplos). Un producto de reciente introducción en nuestro país, los chalets prefabricados de madera, representan un ejemplo bastante ilustrativo del diseño modular. El cliente podrá tener el chalet que, aparentemente, desee, mediante una combinación «a medida» de los diferentes módulos disponibles (véase *El País*, 20/2/94, pág. 14). Otros ejemplos de diseño modular son las opciones de los vehículos, las tarjetas de los ordenadores, el cableado de los electrodomésticos, etc. Cada módulo está formado por un conjunto de componentes que, al pasar a formar parte de aquél, pierden su identidad, esto es, no aparecen como elementos individuales en las listas de materiales, no se venden como piezas de repuesto, no se fabrican a no ser que exista demanda de los módulos de los que forman parte, etc. Además de la mencionada, suelen citarse algunas otras **ventajas**. Entre ellas (Tower y Hayes, 1993, pág. 83):

- Si se producen fallos, son más fáciles de diagnosticar y remediar (no es necesario identificar la pieza concreta, basta con determinar el módulo y proceder a su sustitución por otro en buenas condiciones).
- Las reparaciones son más sencillas y rápidas, lo que contribuye a reducir sus costes y los de las tareas de mantenimiento, así como las necesidades de formación de los técnicos dedicados a estas actividades.
- La planificación y programación del proceso productivo se simplifican, lo mismo que la gestión de los materiales.

Entre los **inconvenientes** destaca la dificultad (e incluso imposibilidad) de desensamblar los módulos, lo cual impide la reutilización de aquellas piezas que

no se encuentren dañadas, con el consiguiente coste de materiales para la empresa fabricante y los consumidores, que han de pagar el módulo entero, aunque sólo esté parcialmente dañado.

4.4.3.3. *Fiabilidad*

La **fiabilidad** de un producto o servicio se suele definir como la probabilidad de que éste funcione adecuadamente, esto es, de acuerdo con sus especificaciones, durante un cierto período de tiempo y bajo unas condiciones operativas específicas (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 247) (por ejemplo: si se utiliza la tarjeta de crédito adecuada y el correcto código de identificación para retirar una determinada cantidad de dinero de un cajero automático, éste deberá entregar la cantidad solicitada y cargarla contra la cuenta corriente o de crédito correspondiente). Es ésta una de las características que tiene mayor importancia para los clientes. A efectos de calcular el nivel de fiabilidad de un producto o servicio se suele distinguir entre aquéllos que se consumen o utilizan una sola vez (por ejemplo: el agua para beber, una película en el cine, un viaje en avión) y aquellos otros que suelen utilizarse en varias o múltiples ocasiones (por ejemplo: una grúa, una cinta de vídeo, un teléfono, una motocicleta). La fiabilidad de los bienes y servicios del primer grupo se suele medir en términos de su correcto funcionamiento cada vez que son consumidos o utilizados; en el segundo caso, ésta se calcula a partir de la probabilidad de que el artículo en cuestión funcione bien durante un cierto período de tiempo. En relación con el «correcto funcionamiento» del producto o servicio, es interesante matizar que la fiabilidad del mismo puede ser baja tanto si éste no funciona cuando tiene que hacerlo, como si funciona cuando no tiene que hacerlo. Así, tanto las alarmas de los coches que se disparan sin que nadie haya intentado abrir el vehículo, como aquéllas que no suenan cuando se fuerzan las cerraduras, son casos de productos poco fiables.

Dado que la fiabilidad de un producto es el resultado de las fiabilidades de los componentes que lo forman, cuando un sistema está compuesto por una cantidad elevada de aquéllos, es necesario tomar medidas que eviten la pérdida de fiabilidad del conjunto. Una de las posibles actuaciones a emprender es la de incorporar *elementos redundantes*, lo cual se lleva a cabo cuando es muy difícil o muy costoso reparar el componente que no funcione adecuadamente (por ejemplo: el Hispasat no se puede reparar con la misma facilidad que un avión comercial, por lo que algunos de sus componentes más importantes están duplicados, de modo que si uno falla, el otro entra en funcionamiento. También los aviones comerciales llevan varios motores en lugar de uno solo de mayor potencia, con lo cual se pretende evitar, entre otras cosas, la pérdida absoluta de potencia del aparato y su caída en caso de avería).

4.4.3.4. *La ingeniería del valor*

En ocasiones, los equipos de desarrollo se encargan de realizar el estudio denominado **ingeniería del valor**. Los programas de *simplificación*, uno de los elementos básicos de aquélla, persiguen la reducción del número de componentes y operaciones individuales necesarias para la generación de un producto o servicio. Dicha disminución suele dar lugar a decrementos en los costes de materiales y mano de obra, así como a un servicio más sencillo y a una fiabilidad superior; es cada vez más frecuente que el equipo de diseño busque la forma de combinar

funciones en una sola pieza. Por ejemplo: mediante el diseño de moldes especiales para la extrusión del plástico se pueden fabricar carcasas de una sola pieza, evitando así la necesidad de dedicar tiempo y dinero a la adquisición y montaje de tuercas y tornillos; las nuevas impresoras, las carcasas de las cámaras de fotos Polaroid o las puertas de los automóviles constituyen un magnífico ejemplo de los resultados de este análisis y el empleo de estos moldes.

4.4.3.5. *Diseño para la «fabricabilidad» (DFM) y diseño para el montaje (DFA)*

Otras veces, el estudio mencionado es llevado a cabo por el denominado **equipo de diseño para la «fabricabilidad»** (*manufacturability*), o **equipos para la ingeniería concurrente o simultánea**. Estos equipos se ocupan de mejorar los diseños y especificaciones durante las etapas de la investigación, desarrollo, diseño y fabricación del producto. Mediante su concurso y participación se agiliza considerablemente la transformación de ideas en bienes y servicios comercializables, reduciéndose también el lapso de tiempo que discurre entre la concepción, la fabricación y la comercialización.

Es posible lograr un buen diseño si se tienen presentes *dos cuestiones básicas*. Por un lado, *cuáles serán las mejores máquinas, herramientas, procesos y métodos de ensamblaje a aplicar* para, a partir de ellos, diseñar el producto de forma que se pueda conseguir un proceso eficiente. Por otro, *cuáles serán* los *mejores materiales y componentes a incorporar* desde el punto de vista de una calidad adecuada y suficiente al menor coste posible. En la práctica, estas dos cuestiones complementarias no se han venido considerando conjuntamente, dada la especialización y separación de funciones que suele reinar en las fábricas occidentales, por lo que los diseños de productos distan mucho de ser fácil y eficientemente fabricables. A fin de solventar este divorcio entre los ingenieros de diseño y los de fabricación y su aislamiento del resto de la fábrica, ha surgido recientemente el enfoque de la ingeniería simultánea o concurrente, o diseño para la fabricabilidad.

En términos generales, *el objetivo del DFM* es crear, durante la etapa de diseño, un producto que resulte fácil de fabricar. Los principios que se aplican para lograr este objetivo suelen estar orientados por la idea de que es mejor diseñar productos que contengan menos elementos (gracias a un diseño que genere elementos integrados compuestos por menos componentes) pero de mayor complejidad que las piezas sueltas que lo podrían componer (ésta es la esencia del enfoque DFA). Resulta conveniente precisar que el *DFM suele actuar de dos maneras*: por una parte, *reduciendo el coste de las diferentes piezas individuales que componen un producto* y, por otra, *disminuyendo el coste del montaje de una colección de piezas*. En el primer caso, el proceso seguido suele revestir una aproximación incremental: dada la geometría de una pieza básica, ¿cómo podría rediseñarse para reducir los costes de fabricación? El posible rediseño se aborda desde un conjunto de reglas (por ejemplo: para las piezas metálicas existen reglas que indican los mejores lugares posibles para taladrar). Por lo que respecta al *DFA*, éste pretende *la evaluación y mejora de un concepto de diseño a través de cambios*, en ocasiones relevantes, *en el número de piezas a ensamblar y en la localización o disposición de éstas*. Las actuaciones emprendidas durante el análisis siguen métodos diferentes, entre los que destaca el de Boothroyd y Dewhurst (1988), que incluye preguntas como: ¿hay que mover la pieza para efectuar el montaje?, ¿existen razones técnicas o físicas que obliguen a que una pieza esté hecha de diferente material al empleado en las piezas que la rodean? o ¿es necesa-

rio mover la pieza para acceder a ella en las reparaciones o durante el desmontado? Si las respuestas son negativas, la pieza puede integrarse físicamente a las demás y no sería necesario fabricarla por separado. El resultado final suele ser el diseño de un número limitado de componentes complejos.

La aplicación de los *principios del DFM* e *ingeniería del valor* no sólo permite conseguir importantes reducciones de costes sino que, adicionalmente, brinda otras **ventajas**, como (Ulrich y otros, 1993, pág. 430):

- Reducción del número de componentes del producto o servicio.
- Incremento de la estandarización de componentes.
- Mejora de los aspectos funcionales de los productos.
- Mejora en el diseño de trabajo.
- Mejora en la seguridad en el trabajo.
- Mejora en la capacidad de prestación de servicios y mantenimiento del producto.
- Diseño robusto en calidad[6].

Así, por ejemplo, mediante el uso de estas técnicas, la compañía NCR ha conseguido resultados sorprendentes con su caja registradora electrónica 2760. Esta no lleva tornillos ni tuercas y está formada por tan sólo 15 componentes, lo que supone una reducción de un 85 por 100 en el número de éstos, unido a una disminución del 65 por 100 en el número de proveedores y un descenso del 25 por 100 en el tiempo de ensamblaje (Heizer y Render, 1993, pág. 265).

Entre los *efectos positivos de la aplicación del DFM sobre la organización en su conjunto*, suele citarse su capacidad para fomentar que el esfuerzo del equipo abarque también al diseño del proceso productivo, así como a los aspectos estratégicos. Adicionalmente, el estudio del DFM puede servir como medio de iniciar la investigación en temas de trascendencia como, por ejemplo, los relacionados con las siguientes cuestiones:

— ¿Cuáles son las razones que llevan a necesitar tanto tiempo para fabricar los moldes de las piezas complejas?
— ¿Podría cambiarse el proceso de preparación y fabricación de los moldes?
— ¿Por qué se encarecen tanto los productos en función del número de piezas que los componen?

Las respuestas a preguntas de este tipo suelen conducir a la introducción de reformas importantes en los procesos productivos y sistemas de gestión de materiales. Algunas empresas han creado sus propias máquinas y herramientas, simplificando sus futuros procesos y reduciendo sus futuros costes.

Este método presenta, no obstante, algunos **inconvenientes**. Aunque teóricamente estos nuevos diseños permiten en el medio y largo plazo importantes mejoras económicas, lo cierto es que a corto plazo suponen un alargamiento del tiempo necesario para el diseño de las máquinas y herramientas que se encargarán de su fabricación, conduciendo a tiempos de preparación de herramientas superiores a los que se necesitarían si se fabricaran los distintos componentes y luego se ensamblasen. Este problema no reviste especial importancia cuando no existe ninguna presión por adelantar el lanzamiento del producto; sin embargo, cuando ese momento condiciona la rentabilidad futura que el artículo objeto de

[6] Un diseño robusto en calidad implica que el producto está diseñado para que, aunque se produzcan pequeñas alteraciones durante su producción o montaje, éstas no afecten negativamente al mismo.

consideración genera para la empresa, el asunto cobra una especial relevancia. No puede olvidarse que uno de los objetivos del diseño del producto será minimizar sus costes mediante la mejora de su proceso, pero también es un objetivo fundamental perseguir la maximización de los ingresos. En cualquier caso habrá que separar los efectos previstos a corto, largo y medio plazo antes de tomar una decisión definitiva, dependiendo de cada producto y sector el valor específico de esta relación. Así, en el ámbito de los ordenadores de alta potencia, retrasar el tiempo de introducción anula prácticamente la posibilidad de obtener ingresos suficientes para compensar la inversión asociada al desarrollo de nuevas máquinas y herramientas. Sin embargo, en sectores ya maduros, sí merece la pena retrasar la introducción de versiones modificadas, en cuanto que los ahorros de costes a medio y largo plazo cubrirán con creces la inversión inicial. En el Cuadro 4.4. se comentan una serie de indicaciones a tener en cuenta en el DFM.

Cuadro 4.4. Algunas indicaciones a tener en cuenta en el DFM

Indicaciones de carácter general, con independencia de la etapa del ciclo de vida del producto (Brall, 1986, pág. xiii) y King (1989)	**Recomendaciones para sectores con competencia basada principalmente en la rápida llegada al mercado y bajos costes (Ulrich y otros, 1993, pág. 440)**
A. Es preferible diseñar productos que puedan fabricarse con máquinas de uso general. Sólo en el caso de que vayan a ser productos de uso frecuente y, por tanto, den lugar a elevados volúmenes de producción, se considerará la opción de máquinas dedicadas. B. Es posible que se cuente con máquinas que puedan realizar la misma función aunque con precisión diferente. Es por ello que resulta muy conveniente especificar qué niveles de tolerancia son admisibles y no adquirir equipos de precisión superior a la necesaria, pues este exceso no será utilizado y, sin embargo, el mayor coste de éstos aumentará la partida de costes fijos del producto (Bandyopadhyay,1990). C. Es más difícil trabajar con algunos materiales que con otros. Si es posible cambiar un material por alguno de más fácil uso, debería procederse a su sustitución. D. El mejor diseño para el ensamblaje es aquél que permite que los sucesivos componentes se vayan apilando. Si algún componente tiene que ser insertado en otro los costes crecen considerablemente. Si, además, se diseñan los montajes para que todas las operaciones se puedan realizar desde el mismo lado y en capas sucesivas, se consiguen importantes reducciones de costes. E. Fabricar volúmenes elevados o reducidos de productos afecta al tipo de herramientas y procesos a emplear. Si éstas se diseñan para fabricar sólo volúmenes reducidos se hipoteca el futuro de la empresa, condenándola a ser siempre un productor de bajo volumen.	a. Ha de perseguirse la minimización de la complejidad de la pieza más difícil. Dado que el tiempo de preparación de herramientas suele convertirse en el cuello de botella del desarrollo del nuevo producto, la pieza con mayor tiempo de preparación debería rediseñarse a fin de que éste sea lo más similar posible al del resto de los componentes. b. Para las piezas más complejas deben emplearse procesos en los que las herramientas no sean difíciles de preparar ni ésto requiera un largo tiempo. Las decisiones relativas a los materiales y procesos que se utilizarán para la fabricación de componentes suelen tomarse a partir de la consideración conjunta de los costes fijos y variables asociados a los diferentes volúmenes de producción. Deberían considerarse también los tiempos de preparación de máquinas, en el sentido de que podrían admitirse unos mayores costes si con ello se lograse reducir sustancialmente los tiempos. c. Los diseños de nuevas versiones de bienes y servicios ya existentes sí deberían estar inspirados por una aplicación intensiva de los principios del DFM. La penalización económica del retraso en llegar al mercado es menos severa en el caso de las versiones refinadas o mejoradas que en las primeras. Mediante la aplicación del DFM se pueden conseguir, en el medio y largo plazo, importantes reducciones en el tiempo de fabricación y en los costes de producción, aspectos básicos para que las nuevas versiones disfruten de una cierta competencia distintiva.

Otra importante desventaja radica en que, paradójicamente, la aplicación de la ingeniería del valor y el DFM suelen conducir a ampliaciones en la variedad de materias primas que podrían ser empleadas, limitando las ventajas adquiridas mediante la estandarización de éstas. Como algunos autores recogen[7], pequeños cambios en las cantidades de materias primas a consumir o en el tipo de éstas pueden generar, efectivamente, reducciones en el coste de los materiales, pero, por contra, aparecen nuevos costes fijos que no compensan tales disminuciones, por lo que cabe pensar que sería mucho mejor seguir utilizando el material inicialmente considerado y en las cantidades establecidas.

A pesar de estas desventajas, acudir a estos equipos y a la aplicación de las técnicas descritas constituye una de las mejores opciones disponibles en la Dirección de Operaciones para la reducción de costes; proporcionan mejoras en el valor de un producto al definir mejor sus funciones esenciales sin reducir su calidad. Si se gestionan adecuadamente, los programas de ingeniería del valor pueden llevar a una disminución de costes comprendida entre el 15 y el 70 por 100 del total de éstos, manteniendo, e incluso mejorando, la calidad de partida.

4.4.3.6. *Análisis del valor*[8] *(AV)*

El corolario de la etapa de diseño final lo pone la técnica del **análisis del valor**, la cual tiene lugar por primera vez inmediatamente antes de comenzar la producción del artículo o servicio, esto es, cuando existe certeza suficiente de que el producto será un éxito. La mejora a conseguir puede revestir dos formas: la *mejora del producto* o la *mejora del proceso productivo*, con lo que se conseguiría fabricar el producto con menores costes. No obstante, el rasgo que mejor define a esta técnica es su esfuerzo por promover un desplazamiento hacia el punto de vista del consumidor (Tower y Hayes, 1993, pág. 30): los productos deben rediseñarse si, con ello, los clientes van a apreciarlos más y a utilizarlos mejor. No se limita, por tanto, a ver cómo se puede cambiar el producto para que, costando menos, desempeñe su función igual de bien: si el producto no es apreciado por el cliente, no tiene sentido reducir sus costes, sino que sería mucho más adecuado eliminarlo del mercado.

El análisis del valor no da lugar a grandes modificaciones del proceso, sino que actúa más bien como mecanismo recurrente a la ingeniería del valor: no sólo interviene después, sino que, además, puede volverse a emprender a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida del producto. Mediante la aplicación de esta técnica, todos aquellos componentes del bien o servicio que añaden costes, pero no incorporan ningún valor al resultado final (suponiendo que éste ha sido aceptado por los clientes), son candidatos a la sustitución o eliminación. El proceso a seguir está formalizado y procede en *fases* sucesivas. En la *primera* se analiza el objetivo básico del bien o servicio, a fin de refinarlo; en la *segunda* se estudia la función básica que debe desempeñar y en la *tercera* se consideran las funciones secundarias. Como consecuencia de este análisis puede suceder que algunas de estas funciones hayan de desaparecer o se proponga su sustitución. En el Cuadro 4.5 se tratan con más detalle las fases a seguir en el análisis del valor.

[7] Véase, por ejemplo, Suzue y Kodate (1990) o Harmon (1992).

[8] Para un estudio exhaustivo puede acudirse, por ejemplo, a Fowler (1990).

Cuadro 4.5. El análisis del valor

El Análisis del Valor (AV) puede ser definido como un *método de gestión cuyo objetivo es lograr el adecuado grado de satisfacción de las necesidades del consumidor o usuario a un mínimo coste*. Se empezó a utilizar en el área de las compras de material para la fabricación de productos bélicos, siendo ideado para resolver los problemas generados por la falta de materias primas y como herramienta para la búsqueda de fuentes alternativas; actualmente se utiliza en todas las áreas de la empresa. En 1947, L. Miles desarrolla el primer estudio de AV sobre un regulador de temperatura, con resultados altamente satisfactorios; ésto hace que General Electric comience a aplicarlo a todos sus productos, extendiéndose a otras compañías y a Europa y consiguiendo en Japón una difusión mucho mayor que en el resto de los países.

Por **valor** se entiende el cociente (a maximizar) entre la función o prestaciones de un objeto y el coste impuesto por su realización o adquisición, entendiendo por **función** todo aquéllo que hace que el producto o servicio sea vendible o útil. Así pues, el incremento del valor puede conseguirse, bien disminuyendo el coste y conservando las mismas características de funcionamiento (o funciones), bien aumentando las funciones y manteniendo el coste constante, o bien aumentando las características a medida que lo hacen las necesidades y deseos del cliente (siempre que éste esté dispuesto a pagar costes más altos). Suele hablarse de varias **clases de valor**:

- *Valor de producción*: proveniente del coste industrial del producto.
- *Valor de uso*: atributos o cualidades del producto respecto a su uso y características de funcionamiento.
- *Valor de estima*: deseo de poseer un producto.
- *Valor de cambio*: probabilidad que tiene un producto de ser cambiado, o intercambiado, por otro.

Con respecto a las **funciones**, éstas deben poder expresarse con un mínimo de palabras, siendo lo óptimo utilizar un máximo de tres: un verbo en infinitivo, un sustantivo y, si es necesario, un complemento de éste (por ejemplo: la función de una bombilla podría ser «iluminar un espacio»). Pueden ser de *dos tipos*: **primaria o principal**, que es la que cumple el objetivo prioritario del producto o servicio, y **secundaria o complementaria**, que puede ser necesaria pero no decisiva para el mencionado objetivo.

Para realizar un AV, cuyo desarrollo sistemático se encuentra en las reglas fijadas por la norma DIN 69910, ha de comenzarse por un **análisis funcional**, el cual consiste en la identificación de las funciones primarias y el análisis de la relación función/coste. Asimismo, debe evaluarse la relación entre las funciones primarias, secundarias y aquéllas que sean innecesarias. *Esto se realiza ejecutando los siguientes pasos:*

- Análisis metódico del producto o servicio.
- Determinación de sus funciones.
- Clasificación de éstas.
- Determinación de las relaciones entre las características de funcionamiento y los costes.
- Proporcionar sugerencias para la creatividad.

Existen **cinco preguntas clave** a plantear durante el AV: ¿en qué consiste el producto o servicio? (definición de éste), ¿para qué sirve? (funciones que realiza), ¿cuánto cuesta? (valor actual), ¿qué opciones pueden realizar la misma función? (alternativas) y ¿cuánto costarían estas opciones? (valor comparativo, ahorros). La respuesta se obtiene, siguiendo la terminología del AV, mediante una *explosión cerebral*, consistente en una búsqueda del máximo número de ideas sobre posibles mejoras siendo el ***Brainstorming*** (tormenta de ideas) la vía más utilizada; es una técnica de grupo para la generación de ideas nuevas y útiles, por medio de reglas sencillas, la cual permite aumentar las probabilidades de innovación, originalidad y creatividad. Las *fases a seguir* para la realización del mismo son:

- *Descripción del tema*, que debe ser específico.
- *Preparación de la sesión*, en la que se informará a los participantes y se detectará si algún miembro no está implicado para involucrarlo; además habrá que preocuparse de tener superficies y material para la escritura.
- *Introducción de la sesión*. Se dejará bien claro que no debe haber críticas, comentarios o evaluación alguna sobre las ideas que se vayan generando. Ha de partirse de un pensamiento no convencional y tener el máximo de ideas en el mínimo tiempo; las diferentes aportaciones se realizarán por turnos, dando una idea cada vez, pudiendo saltar el turno y, sobre todo, no dando explicaciones acerca de la idea propuesta.
- *Calentamiento*. Se debe iniciar con un tema neutral y su duración ha de ser de 5 a 10 minutos.
- *Tormenta de ideas*. Para realizarla se ha de tener a la vista el enunciado del tema y su duración oscilará entre 30 y 45 min. Resulta muy conveniente que una persona se dedique a la dirección de la sesión y otra escriba las ideas a medida que se vayan generando.
- *Tratamiento de las ideas*. Este consiste en explicar todas las ideas, combinar y agrupar las que sean similares y eliminar las que no prosperen. Se ha de evitar la eliminación por votación, debiendo defenderse las ideas con argumentos.

La aplicación del AV no se traduce en una mera reducción de costes sino que, además, suele llevar aparejada una mejora en la calidad del producto y otras como las reflejadas en el balance del análisis de 125 aplicaciones del método, realizado por la American Ordinance Association, que, además de la esperada reducción de los costes, presentaban:

- 76 por 100 de reducción del tiempo de suministro.
- 39 por 100 de reducción del peso.
- 90 por 100 de mejora en la facilidad de elaboración.
- 21 por 100 de mejora en el funcionamiento.
- 46 por 100 de mejora en la seguridad del mantenimiento.
- 38 por 100 de mejora en la calidad.
- 40 por 100 de mejora en la facilidad del mantenimiento.

Por otra parte, la disminución de costes suele alcanzar un promedio que oscila entre el 10 y el 30 por 100, aunque existen casos de reducciones de hasta un 94 por 100. De igual forma, los beneficios que se obtienen oscilan entre 2,5 y 15 veces su coste, lográndose por término medio relaciones de 8 a 1 en Estados Unidos y de 10 a 1 en Canadá.

El AV es una herramienta válida para grandes y pequeñas empresas, tanto para productos (ya sean de gran consumo o de uso industrial por encargo) como para servicios. Su aplicación implica la integración de toda la firma en la tarea, por lo que debe convertirse en un instrumento de todos sus miembros y no limitarse a una filosofía de trabajo de alguna que otra persona aislada. En la literatura sobre este tema se suele encontrar la expresión **Ingeniería del Valor** (IV); la diferencia entre ésta y el AV radica en que el último se aplica sobre un producto o servicio que se encuentra en el mercado, con objeto de reducir costes o revitalizarlo comercialmente, mientras que la IV se aplica a los productos en la fase de diseño (véase Apartado 4.4.3.4).

El *sector servicios* es prolijo en ejemplos de situaciones en las que se ha aplicado el análisis del valor. Así, podemos pensar en los calzadores que proporcionan las líneas aéreas que realizan vuelos transoceánicos; estos calzadores, realizados en un material de bajo coste y con un diseño de dimensiones reducidas pero suficientes, cumplen la misma función que uno convencional y son muchísimo más baratos de adquirir y almacenar. Algunos hoteles, por ejemplo, colocan una tarjeta en el lavabo indicando a los clientes que si necesitan algún artículo de tocador, se les servirá gustosamente y sin ningún coste; con ello, sólo se incurrirá en coste cuando el cliente solicite el servicio. Entre las *empresas manufactureras* puede citarse, por ejemplo, el caso de la firma Samsonite, que ha sacado recientemente al mercado una maleta que se adquiere y almacena desmontada; este producto fue ideado como una posible medida para reducir costes de almacenamiento, que son cuantiosos debido al tamaño de las maletas rígidas que la empresa fabrica. Mediante la apilación de las maletas desmontadas puede conseguir importantes ahorros, a la par que seguir manteniendo los mismos estándares de calidad que caracterizan a sus productos y, adicionalmente, ofrecer un mejor precio para este tipo de maletas.

Es posible que surjan algunos problemas cuando las personas encargadas inicialmente del diseño se sienten «puenteadas» por la labor y sugerencias del equipo de análisis del valor. Dicho problema puede resolverse con facilidad si el equipo de desarrollo del producto forma parte o está representado en el equipo de AV, así como fomentando la actitud de que todos los productos son mejorables. Un segundo problema puede residir en que no haya tiempo suficiente para incorporar los cambios propuestos durante el AV. En ocasiones es más importante para las empresas ser las primeras en llegar al mercado y sentar sus bases como fabricante del «estándar» del mismo, que ser las segundas, aunque sus eficiencias en proceso y diseño sean superiores. El ser la primera permite a la empresa, en tanto no aparezcan copias o versiones mejoradas, cargar un precio superior al producto, el cual permitiría compensar los mayores costes de un proceso ineficiente.

4.4.3.7. *La seguridad*

El último aspecto que consideraremos es el relacionado con la seguridad ofrecida por el producto. Este puede llevar incorporados elementos tóxicos o su diseño puede generar situaciones de peligrosidad en caso de uso indebido (por ejemplo: las bolsas de plástico pueden provocar la muerte por asfixia); los clientes pueden emprender acciones legales contra la empresa, que, además, sufrirá una pérdida de imagen. Por ello, además de acometer las acciones pertinentes para reducir al máximo las situaciones de riesgo (por ejemplo: algunas bolsas de plástico contienen pequeños agujeros en su base, los capuchones de algunos bolígrafos están recortados para evitar pinchazos o asfixias si son tragados), es recomendable dotar al producto en cuestión de las oportunas etiquetas de advertencia (por ejemplo: las botellas de lejía indican qué hacer en caso de ingestión o de salpicaduras en los ojos). Asimismo, han de tenerse en cuenta las normas legales sobre contaminación, vertidos, etc[9].

4.5. LOS DOCUMENTOS DE PRODUCCION

Una vez que el producto ha sido seleccionado y diseñado, su producción se ve asistida por diferentes documentos. Para conseguir una producción eficiente es necesario partir de unas rigurosas especificaciones del producto, sin cuya definición y documentación no se podrán tomar decisiones sobre equipos, plantilla y distribución en planta (esta condición previa es válida para todo tipo de bienes: salvando las distancias, desde las magdalenas hasta los satélites espaciales). Los *elementos empleados para la definición y documentación incluyen:* a) los **planos de ingeniería**, donde se muestran las tolerancias, dimensiones, materiales y acabados de un componente, aportando, asimismo, la información necesaria para elaborar la lista de materiales; b) la **lista de materiales**, que es una descripción clara y precisa de la estructura que caracteriza la obtención del producto, indicando los componentes que lo integran, las cantidades necesarias de cada uno de ellos y la secuencia en que se combinan para obtener el producto final[10]; c) **las notificaciones de cambios de ingeniería**, que incluyen cualquier corrección o modificación de los planos de ingeniería.

En numerosas ocasiones, los componentes necesarios para la fabricación de un producto pueden ser comprados a los proveedores o ser fabricados por la empresa; la decisión a adoptar depende básicamente de cuestiones estratégicas (por ejemplo: la firma no quiere depender de sus proveedores[11]) o esencialmente económicas[12]. Lógicamente, para aquellos componentes que se vayan a adquirir externamente no será preciso elaborar la lista de materiales.

Junto a los *documentos* anteriores, es preciso redactar aquellos otros *relativos al propio proceso de fabricación* y montaje de los productos. Estos son:

[9] En nuestro país, Balay ha iniciado la fabricación de frigoríficos que no utilizan CFC, lo que contribuye a una mejor conservación de los alimentos y de la capa de ozono. La compañía Audi ha comenzado también la fabricación de vehículos de aluminio.

[10] Una descripción más amplia de ésta y sus funciones puede encontrarse en J.A.D. Machuca y otros (1994, Apartado 4.4.2).

[11] Véase en este sentido McGrath y Hoole (1993).

[12] En este caso, es frecuente que en la práctica se utilice el análisis del punto muerto. Sobre su modo de uso, ventajas e inconvenientes, puede verse el Anexo a la Parte II.

- Los **planos de montaje**, que muestran, en tres dimensiones, las ubicaciones relativas de los diferentes componentes que, tras montarse, darán lugar al producto final (Figura 4.5).
- El **gráfico de montaje**, que ilustra en forma esquemática el proceso de montaje, identificando los puntos o etapas de la producción en que los componentes pasan a ser subconjuntos y cómo se convierten posteriormente en productos terminados (Figura 4.6).
- La **hoja de ruta**[13] lista las operaciones (incluyendo montaje e inspección) necesarias para fabricar el componente a partir de los materiales recogidos en la lista de materiales. Las operaciones pueden ser tanto procesos de máquinas como de mano de obra.

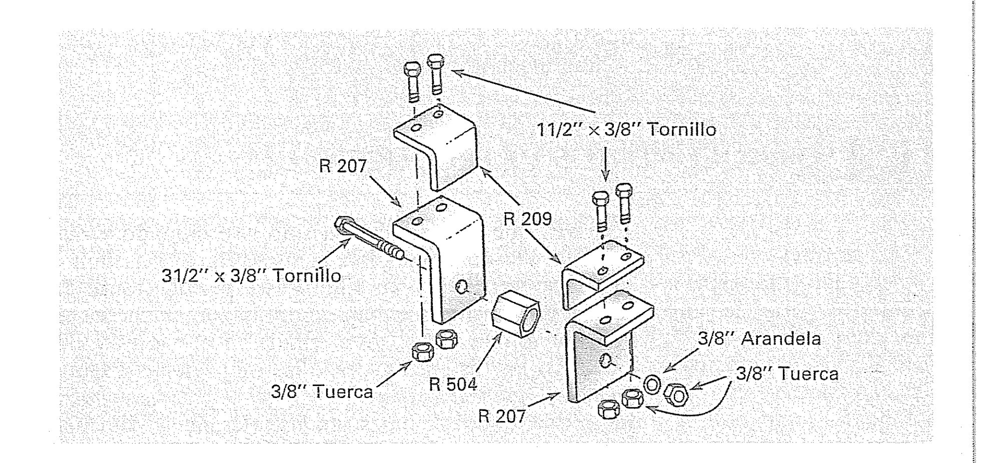


Figura 4.5. Plano de montaje.

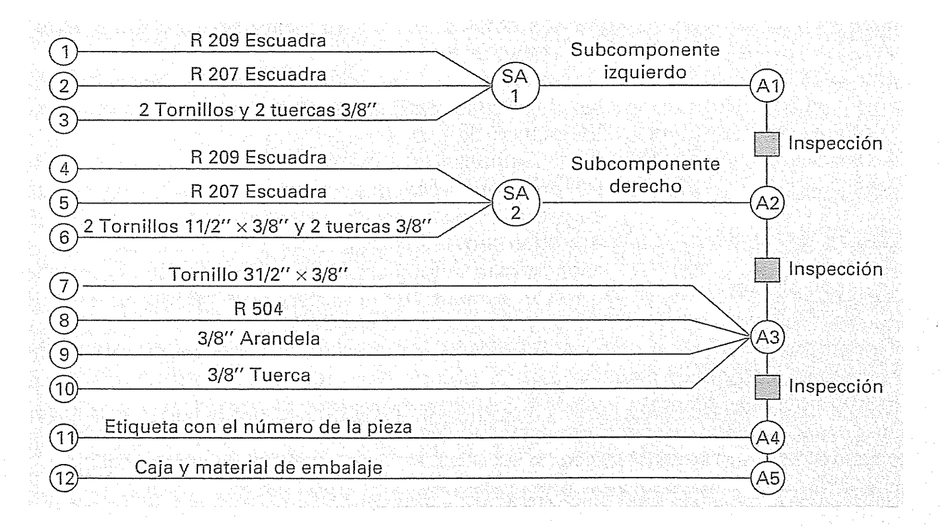


Figura 4.6. Gráfico de montaje.

[13] Se entiende por **Ruta** la sucesión de operaciones que son necesarias en los diferentes centros de trabajo para elaborar un ítem (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Apéndice 2A).

También puede ser adecuado elaborar **instrucciones sobre las tareas**, que indican detalladamente cómo desarrollarlas. Cuando los trabajos están sometidos a pocos cambios es frecuente que se editen **manuales de instrucciones**, algunos de los cuales indican cómo realizar las pruebas de control de calidad o dan información sobre los tiempos estándar de lanzamientos, velocidades y capacidades de máquinas, tolerancias, etc.; es posible que también se incluya información sobre los costes relacionada con las diversas alternativas de actuación. Aunque estos manuales, conocidos como **manuales de estándares**, suelen ser propios de entornos manufactureros, también son utilizados en otros sectores, como cáterings, centros informáticos, etc.

Las **órdenes de trabajo** son instrucciones concretas para la fabricación de una cantidad dada de un determinado artículo (por ejemplo: el lanzamiento de un pedido de fabricación, las notas tomadas por los camareros y transmitidas a la cocina, las recetas de medicamentos, etc.). En algunas ocasiones, estas órdenes también contienen información sobre cantidades y programación; en estos casos suelen consistir en un original y varias copias, de las que cada una de las secciones afectadas almacena una, indicando el tiempo necesario y permitiendo llevar el control de las actividades desarrolladas en cada período de tiempo. Por ejemplo, cuando un paciente de un hospital necesita someterse a distintos análisis, cada departamento afectado guarda una copia del «boletín» del paciente y éste mantendrá el documento en su poder para podérselo entregar después al médico (además de la copia que guardará para sí).

La documentación o definición de cada producto puede verse cambiada total o parcialmente cuando se producen las **notificaciones de cambios de ingeniería (NCI)**. En algunos sectores industriales (como el aeronáutico, por ejemplo) la frecuencia de estos cambios es tan elevada que ha surgido una nueva disciplina, la **gestión de configuraciones**, que se ocupa de la documentación, control e identificación de productos. De acuerdo con ella, se desarrolla un sistema para la planificación de los productos y la identificación precisa de los cambios en su configuración, así como para el control y contabilización de cambios. Cuando la tecnología empleada para fabricar un producto se encuentra en sus primeras fases de evolución o cuando la seguridad es un elemento importante, las NCI se incorporan inmediatamente; en entornos más tradicionales es habitual ir acumulándolas y efectuar revisiones periódicas. Estas agrupaciones mejoran la eficiencia productiva y facilitan la estandarización y el control de calidad.

4.6. LA NECESIDAD DE ACELERAR EL PROCESO DE DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

Debemos comenzar este epígrafe resaltando que el énfasis en la aceleración de la introducción de nuevos productos no es nada nuevo, aunque ahora ha adquirido una mayor relevancia en virtud de los costes crecientes asociados a los lentos procesos de desarrollo. Muy sucintamente, las principales razones que presionan para que se aceleren los procesos de diseño y desarrollo son: competencia creciente, rápidos cambios tecnológicos, consecución de los objetivos de crecimiento, reducción de los ciclos de vida de los productos, volatilidad de la demanda, presión ejercida por la Alta Dirección y emergencia de nuevos mercados.

Hay diversas estrategias para acelerar el desarrollo de productos y procesos, como, por ejemplo[14]:

- Confiar en fuentes externas, a las que se puede comprar, alquilar o pagar una licencia de uso de la tecnología.
- Intensificar los programas internos de I+D a través del incremento de las recompensas por un rendimiento adecuado, organizar competiciones internas relacionadas con el rendimiento, iniciar I+D de forma simultánea en las sucesivas etapas de la innovación, etc.
- Desarrollar estrategias de gestión innovadora de la I+D.
- Activar el solapamiento entre las etapas de diseño y desarrollo.
- Ampliar el campo de aplicación de la simplificación, estandarización, análisis del valor, etc.
- Crear equipos para el desarrollo conjunto de equipos y procesos.
- Emplear nuevas tecnologías, etc.

Otra posible aproximación es la consistente en estudiar las deficiencias de los sistemas de desarrollo de productos existentes. Por una parte, es posible identificar aspectos concretos como la inadecuada definición de las necesidades de recursos del producto, la incertidumbre tecnológica, la falta de apoyo de la Alta Dirección o la carencia de recursos; por otra, una inadecuada gestión del *proceso de diseño y desarrollo de un producto*. Este proceso se ha abordado tradicionalmente de forma **secuencial**, siguiendo las etapas descritas en los epígrafes precedentes, tal y como muestra la Figura 4.7.

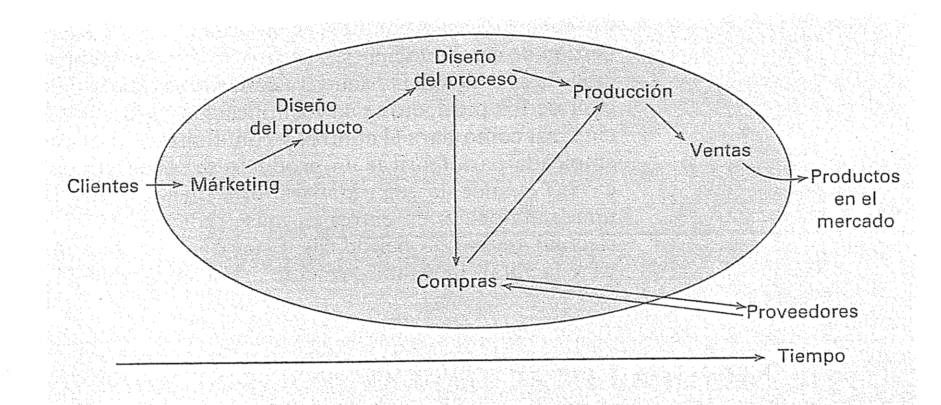


Figura 4.7. El proceso tradicional de diseño y desarrollo secuencial de un producto.

Algunos de los resultados obtenidos con la aplicación de este enfoque son nefastos para la empresa, en general, y para el producto en fase de diseño en particular. Al irse produciendo un relevo en la responsabilidad del proyecto, nadie se considera auténticamente responsable del mismo, surgen exigencias y demandas que son tan innecesarias como excesivas, se recaba una muy limitada cantidad de información por retroalimentación y, en general, el nivel de resentimiento es bastante elevado. Desde un punto de vista teórico, este enfoque debería conducir directamente al reconocimiento e identificación de las necesidades de los clientes, en virtud del análisis de mercado que se realiza. En la práctica, sin embargo, el cliente no forma parte del proceso. El tiempo que transcurre desde que se realiza el primer examen prospectivo hasta que se producen las primeras ventas suele ser tan largo que los resultados del análisis han perdido para entonces toda su validez. No ha de resultar por lo tanto sorprendente que el producto no sea capaz de cumplir los requisitos. Además, el inicio de cada fase supone la reconsideración de todas las anteriores, consumiendo tiempo y duplicando esfuerzos sin que ello suponga añadir valor al producto o servicio.

[14] Véase, por ejemplo, Gupta y Wilemon (1990) o Gold (1987).

Las circunstancias descritas, junto al reconocimiento de la fuerte y creciente presión ejercida por el factor tiempo, obligan a considerar la posibilidad de abordar el *proceso de selección, diseño y desarrollo de productos en* **paralelo**. Takeuchi y Nonaka, 1986 (págs. 137-146) califican este enfoque como el de *«el equipo de rugby»*, donde todos los jugadores interactúan conjuntamente, contraponiéndolo al enfoque tradicional o de *«carrera de relevos»*, donde éstos van sustituyéndose a lo largo del tiempo. En el enfoque paralelo las etapas no se suceden secuencialmente, sino que se solapan, dependiendo el nivel de solapamiento del tipo de proyecto. Los mismos autores han observado también que las empresas de ciclo rápido favorecen la creación y actuación de equipos cuyos miembros pertenecen a diferentes departamentos y áreas funcionales, que usan el tiempo como indicador de medida de rendimiento y que insisten en aprender de los clientes, de los competidores y de las propias actividades de la empresa. Una representación esquemática de esta alternativa se ha representado en la Figura 4.8.

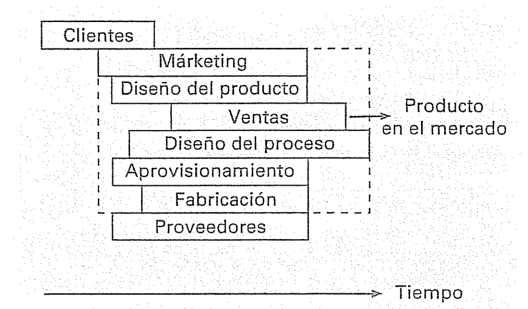


Figura 4.8. Un enfoque integrador e iterativo del proceso de selección y diseño de productos y servicios.

Un *proyecto integrado* como el aquí propuesto reúne ciertas **ventajas**. La primera ya se ha apuntado y es la reducción del tiempo necesario para colocar el bien o servicio en el mercado. Puede decirse que llevar a cabo un mayor número de actividades de diseño de productos (comparado con llevar menos) está asociado consistentemente con una mayor tasa de éxito en nuevos bienes y servicios (Craig y Hart, 1992, pág. 27), pero esto consume mucho más tiempo. De este modo, con un enfoque tradicional, muchos pasos importantes son olvidados en la carrera por llegar al mercado antes y con una mayor oferta, lo que lleva a un pobre diseño, mal funcionamiento del bien o servicio, reclamaciones, reparaciones o superiores costes de producción. El reto está, por tanto, en desarrollar la tarea de «sacar» un nuevo producto más rápidamente sin sacrificar calidad o eliminar

pasos importantes, lo cual es más sencillo con el enfoque paralelo. La segunda ventaja consiste en que proporciona una transición más ajustada entre las diferentes etapas y se eliminan los cuellos de botella que suelen ralentizar el proceso. Adicionalmente, se pueden mencionar *ventajas intangibles*, relacionadas con las personas encargadas del proyecto, como son el sentimiento de responsabilidad compartida, el aumento de la cooperación, una mayor implicación y dedicación, una mayor agudeza para la resolución de problemas, incremento de la iniciativa, diversificación de las capacidades individuales y una mayor sensibilidad hacia las condiciones del mercado. Las actuaciones organizativas a emprender, encaminadas a crear las condiciones básicas para que el proceso «paralelo» funcione adecuadamente, se han recogido en el Cuadro 4.6 (elaborado a partir de Gupta y Wilemon, 1990).

Cuadro 4.6. Acciones organizativas a desarrollar para lograr el éxito del proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos

1. Apoyo de la Alta Dirección

— Asignación de suficientes recursos al equipo de DDNP[15].
— Equilibrado de las necesidades a corto y largo plazo de la firma.
— Suministro de visión estratégica para los esfuerzos de DDNP.
— Apertura y mantenimiento de canales de comunicación con las personas involucradas en el DDNP.
— Perfilado de los procesos de toma de decisión y delegación de autoridad.
— Visitas a clientes y proveedores con el equipo de DDNP.
— Mantenimiento de reuniones para revisar los progresos con el equipo de DDNP.

2. Integración temprana de expertos funcionales.

— Estimar el entorno de lanzamiento del nuevo producto.
— Conocer las necesidades del mercado, factibilidad técnica, fabricabilidad y posibilidades de venta del producto.
— Valorar los mercados potenciales para los nuevos productos.
— Cambiar los sistemas de comunicación sobre las necesidades de los productos para que éstas sean conocidas lo más pronto y eficazmente posible.
— Conseguir la confianza y el compromiso de los miembros de los distintos grupos funcionales para facilitar la gestión integrada.
— Desarrollar un sentimiento de «urgencia» que contribuya a acelerar el tiempo de respuesta de la organización.
— Probar pronto el concepto de producto.
— Evitar las salidas en falso.
— Promover el aprendizaje organizativo.

3. Disponibilidad y gestión adecuada de los recursos necesarios

— Valoración temprana de las necesidades de recursos.
— Identificación de las fuentes de esos recursos.
— Determinación de la adecuación de las instalaciones existentes en términos de fabricación, diseño y prueba.
— Estrecho seguimiento del programa del proyecto.

4. Entorno organizativo que apoye el trabajo en equipo

— Entrenamiento y adiestramiento del personal para que trabaje en equipos.
— Empleo de acuerdos organizativos que promuevan el espíritu de equipo.
— Empleo de sistemas de recompensas que favorezcan el trabajo personal y en equipo.
— Animar a los miembros del equipo para que identifiquen, capturen y transfieran sus conocimientos para beneficiar a la organización en su conjunto y a otros equipos DDNP.

Además de las acciones mencionadas, es importante recordar que el diseño, por su propia naturaleza creativa, suele resultar más difícil de controlar estrechamente que el procesado de los bienes y servicios. Ello no ha de ser obstáculo, sin embargo, para que no resulte esencial realizar un estrecho seguimiento de esta fase, habida cuenta de que el tiempo y recursos que le son asignados suelen ser cuantiosos y han de estar recogidos en los planes y presupuestos de la empresa. La aplicación de las técnicas de planificación y programación de proyectos[16] fuerza a adoptar una actitud disciplinada y facilita las labores de control del diseño, creando las condiciones para que se realice un esfuerzo cuidadoso de planificación previa que es de gran valor, en la medida en que asegura que la secuencia seguida en las actuaciones de diseño emprendidas ha sido determinada conforme a las necesidades globales y no a los intereses parciales. Al mismo tiempo posibilita el control de los progresos alcanzados y la detección de desviaciones.

[15] DDNP : Diseño y Desarrollo de Nuevos Productos

Por lo que respecta a los costes del proceso de diseño, la primera estimación de éstos suele ser la cifra facilitada en la etapa de aceptación de la idea, con anterioridad al inicio de las tareas de diseño y desarrollo. Este cálculo es muy complejo y, dada la amplia diversidad de situaciones que pueden presentarse y la propia variedad organizativa, no se dispone de un conjunto de guías o recomendaciones de aplicación generalizable. No obstante, sí puede considerarse de aplicación general la afirmación relativa al hecho de que, con anterioridad a la implantación de cualquier sistema de costes, el objetivo del mismo debe ser explicitado con el mayor grado de detalle; en ningún caso el propósito principal debería ser otro que el de facilitar la gestión del proyecto. La fijación del estándar que será empleado a efectos de control debe estar presidida por el reconocimiento de que los costes del proyecto están asociados a la duración de las tareas a realizar, por lo que si se controla el tiempo, se estarán controlando los costes y favoreciendo su reducción. Como el esfuerzo a desarrollar durante la etapa de diseño es elevado, costoso y de suma importancia para las empresas, algunas de ellas han optado por encargar el diseño de sus productos a agentes externos en lugar de crear y financiar un departamento propio. Las alternativas disponibles son variadas:

- Constituirse en socio de asociaciones de investigación.
- Acudir a entidades gubernamentales de investigación.
- Recurrir a las Universidades.
- Contratar los servicios de entidades privadas especializadas en diseño.
- Alquilar o adquirir patentes y licencias de uso.

Para terminar, es importante tener en cuenta que, en ningún caso, debe ser considerado el diseño como un fin en sí mismo. En la lucha contra esta tentación conviene recordar que:

- Un diseño no estará nunca acabado por completo. Siempre es posible, con un cierto esfuerzo adicional, introducir modificaciones, aunque éstas no tienen por qué ser necesariamente mejoras.
- Muy pocos diseños pueden considerarse nuevos en su totalidad. En la mayoría de los nuevos productos y diseños recientes, lo auténticamente nuevo representa una cantidad inferior al 10 por 100 del trabajo de diseño.
- Se tiende a pensar cada vez con más fuerza que la ley de los rendimientos decrecientes es aplicable al esfuerzo de diseño. Cuanto más tiempo se dedica

[16] Véase J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulo 10).

al mismo, menos crece su valor, a no ser que tenga lugar un cambio tecnológico radical.

- Siempre concurren circunstancias que limitan el coste y el tiempo del diseño.

4.7. MODELOS ESTRATEGICOS BASICOS PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

De acuerdo con Lindell (1991) puede afimarse que los procesos de diseño y desarrollo de nuevos productos siguen tres patrones o modelos estratégicos básicos: *mantenimiento de la competencia, construcción de la competencia* y *creación de negocio.*

4.7.1. Modelo de mantenimiento de la competencia

Este modelo se caracteriza porque las actuaciones se concentran básicamente en las modificaciones de productos ya existentes; los cambios que se efectúan sobre los mismos se inician en función de la situación competitiva y los planes conjuntos de las empresas. Las ideas que impulsan estas modificaciones se generan de diversas formas, como, por ejemplo, a partir de las quejas y sugerencias de los clientes, de los empleados, de los expertos, de las autoridades, de las organizaciones industriales, de las tendencias del mercado y de los trabajos desarrollados por la competencia, así como a partir de la propia recogida activa de información y de la actividad creativa de la empresa y su personal de desarrollo de productos. El desarrollo del producto (modificado) es dirigido por las propias firmas y los pasos normales a seguir son:

- Investigación del mercado, de los competidores y de las oportunidades de crecimiento.
- Planificación del nuevo producto.
- Presentación a la Alta Dirección.
- Desarrollo del producto y planificación de la producción.
- Producción y lanzamiento del nuevo producto.

Aunque ello pueda parecer un proceso muy estructurado, en realidad se trata más bien de un proceso de aprendizaje. Su eficiencia se pretende conseguir a través del contacto continuo entre los grupos de proyecto y control y un calendario claro. Para alcanzar la fecha de entrega, el equipo de desarrollo trabaja en varios casos diferentes al mismo tiempo. Algunas empresas hacen una lista de las propiedades esenciales y deseables de los productos a modificar; en ocasiones, las partes más sencillas se contratan a los proveedores y las más complejas se fabrican en casa.

Es bastante difícil seguir el proceso desde el principio hasta el final. Por ello, si el proyecto se acepta, se señala un grupo de control para que desarrolle calendarios y programas y controle el proceso de trabajo. La aprobación se convierte en una actividad continua, en la que hay que ir tomando decisiones en diferentes momentos del proceso de desarrollo: el primer momento es al inicio del proyecto, el segundo al aceptarse las especificaciones del producto, el tercero al conseguir la aprobación de la Alta Dirección y el cuarto suele producirse cuando el mercado acepta la nueva versión del producto. Se produce asimismo una interacción de supervisión entre los grupos de control y de desarrollo; en los modelos tradicionales de legitimación esto suele ocurrir antes de que se inicien los proyectos.

4.7.2. Modelo de construcción de la competencia

Se suele encontrar preferentemente en empresas del sector de alta tecnología, con áreas de negocio claramente definidas y delimitadas. El desarrollo de nuevas tecnologías está estrechamente conectado a la supervivencia a largo plazo de la empresa, pues crea una senda competitiva, la mayoría de las veces en mercados ya existentes y, normalmente, a través de mejoras radicales sobre productos actuales. El proceso es mucho más completo que en los modelos tradicionales recogidos en la literatura. Primero han de haberse desarrollado por completo las nuevas tecnologías y la construcción tecnológica. La nueva competitividad pasa más tarde a los productos. A fin de instaurar eficiencia en el departamento de I+D, investigación y desarrollo son segmentados entre diferentes proyectos.

4.7.3. Modelo de creación de negocio

Esta tercera vía está relacionada con la generación de nuevos productos para mercados que también son nuevos para la empresa. En este caso, tanto el negocio como el producto son generados normalmente a través de procesos desorganizados y, muchas veces, a merced de la suerte. Los productos se inician a partir de la «fuerza conductora interna» de los ingenieros de I+D, siendo la oportunidad lo más importante. Los directivos han desarrollado sus competencias a través de su propio aprendizaje; más tarde, esta competencia está gobernada por la búsqueda de nuevas necesidades del mercado. Así, los directivos comienzan buscando problemas de fácil resolución y los productos que el mercado va aceptando se van mejorando paulatinamente.

Este tipo de modelo es el que mejor ilustra que el desarrollo de un nuevo producto no tiene por qué seguir, necesariamente, un proceso lineal; más bien puede decirse que se trata de un proceso que implica un largo número de decisiones, que se toman y llevan a cabo durante el proceso de desarrollo. La primera fase consiste en aprender y profundizar en las especificaciones puesto que no existe información previa. Las empresas que siguen este modelo conceden limitada importancia al primer prototipo y a la primera versión, pues son los puntos de partida que permitirán la posterior introducción de mejoras. El primer lanzamiento suele ir encaminado a contrastar la existencia de demanda para el producto y a observar si no hay problemas desde el punto de vista de la tecnología. Los siguientes desarrollos de prototipos aparecen como resultado de una cooperación continua con los clientes. Diferentes ciclos de prueba y error se van sucediendo antes de lograr la plena satisfacción de los consumidores y la definición del negocio. Durante estas etapas, un aspecto crucial es la rápida creación de un nuevo conocimiento, que tiende a conseguirse mediante la contratación de un nuevo personal de staff.

4.7.4. Hacia un nuevo enfoque activo, interactivo y contextual

Los modelos tradicionales de desarrollo de nuevos productos ponen su énfasis en el resultado del proceso de diseño, el cual hay que conocer antes de comenzar el desarrollo. Sin embargo, los nuevos productos y las innovaciones se generan en un proceso espontáneo que requiere una forma de planificar que busque una solución dirigida desde el input del proceso. La planificación es empleada para

crear oportunidades y aumentar el input activo de todos los miembros de la organización en el proceso de cambio. En un enfoque activo, interactivo y contextual, el principal aspecto es que el aprendizaje y la construcción de la competencia continúan a lo largo del proceso. No es sólo una cuestión de caminar y trabajar para conseguir los objetivos; es mucho más importante que exista una motivación, un compromiso, y una voluntad de mejora del conocimiento.

Existen diferentes razones intraorganizativas para que aparezca un nuevo enfoque. La primera es que el responsable de la empresa no puede encargarse del seguimiento de todas las oportunidades y amenazas de cierta importancia. Como señalan Mintzberg y McHugh (1985), «los nuevos productos crecen como las malas hierbas en el jardín y no como los tomates en los invernaderos: las semillas de los nuevos productos echan raíces en los lugares más inesperados, donde los seres humanos no tienen capacidad para aprender y no existen recursos para apoyar esta capacidad». La segunda es que este responsable tiene una autoridad limitada; no es tanto una cuestión del poder y la excelencia del jefe, como del modo en que éste dirige a la organización. En tercer lugar, los sistemas de control estrecho «estrangulan» o limitan el proceso de desarrollo; se necesita un sistema de control que esté orientado hacia la consecución de los objetivos a largo plazo, antes que a objetivos concretos. En el centro de este sistema ha de situarse al *individuo creativo* y ha de ponerse un mayor énfasis sobre el proceso y la creación de un contexto adecuado.

La Alta Dirección no puede controlar directamente el desarrollo a través de planes previamente formulados, pero sí puede hacerlo de forma indirecta proporcionando un contexto interno adecuado. De hecho, son varias las vías a través de las cuales puede ejercer su influencia como, por ejemplo, las siguientes:

- Creando una nueva cultura y un clima creativo en la organización.
- Agilizando la estructura organizativa.
- Distribuyendo los recursos.
- Seleccionando a los individuos emprendedores que desarrollarán las tareas.
- Favoreciendo el desarrollo de nuevas tecnologías.
- Apoyando las actividades de I+D.

En el desarrollo del producto son elementos importantes la creación de competencia, la cooperación con agentes o actores periféricos y, sobre todo, los esfuerzos conjuntos. Un rasgo del proceso de desarrollo de nuevos productos, que es común a los modelos mencionados, es el elemento prueba y error. La atención no se debería poner en los procesos puntuales o paso a paso, sino en las fuerzas conductoras, el contexto y la cooperación.

4.8. ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE LOS SERVICIOS

En el Capítulo 2 comentamos la importancia creciente del sector servicios frente a la manufactura, así como la especial atención que debe dedicarse a los mismos. En términos de *diseño* es posible reconocer *tres elementos distintos* en la materialización o «envoltura física» *del servicio*: los aspectos físicos, el servicio explícito (los beneficios que se pueden apreciar) y el servicio implícito (beneficios psicológicos). Es altamente complejo, si no imposible, diseñar los aspectos intangibles, pues ello implica la realización previa de juicios y valoraciones subjetivas sobre la opinión de los clientes.

Al abordar el diseño de los servicios es importante tener presente aquellos **rasgos que los diferencian de los productos**. Un primer elemento es la mencionada **intangibilidad** (por ejemplo: una entrada de cine frente a una cinta de vídeo). El segundo es la frecuente **simultaneidad** entre el momento de producción y el del consumo, que dificulta, cuando no impide, su almacenamiento (por ejemplo: la elaboración de una pizza en un restaurante italiano frente a la fabricación de comida precocinada). En tercer lugar se encuentra la **unicidad o singularidad** de numerosos servicios (por ejemplo: la utilización de los servicios de salud (cada persona necesita su propio tratamiento) frente a los menús u opciones de un procesador de textos). El cuarto rasgo es la **alta interacción con los clientes**, lo que impide la estandarización y automatización del proceso, así como alcanzar unos niveles más altos de eficiencia (por ejemplo: la comercialización de pólizas de seguros frente a la edición de libros). El quinto es la **inconsistencia en la definición del «producto»** (por ejemplo: la confección a medida frente al *prêt-a-porter*). El sexto es su carácter **perecedero** y el séptimo la **heterogeneidad** de los servicios.

La presencia de estos rasgos y su intensidad permiten una **clasificación de las empresas de servicios** *en distintas categorías*: las *«fábricas» o líneas de fabricación de servicios*, los *«talleres» de servicios*, que los generan a la medida o por lotes, los *«servicios profesionales por proyecto»* y los *«servicios personales por proyecto»*. El Cuadro 4.7 muestra algunas actividades pertenecientes a estas categorías y los rasgos distintivos de los servicios en las mismas.

Cuadro 4.7. Ejemplo de servicios agrupados según tipos de entidades y caracterización de algunos de ellos en función de sus rasgos más destacados

Ejemplos de entidades de servicios clasificadas por categorías

«Líneas de fabricación de servicios»	«Fabricación de servicios por lotes o a la medida»	«Servicios profesionales (por proyecto)»	«Servicios personales (por proyecto)»
Bancos Empresas de limpieza Entidades de alquiler de equipos Servicios de mantenimiento Correos	Cafeterías Clínicas Centros de ocio Estaciones de servicio	Procuradores Arquitectos Contables Asesoría fiscal	Centros de belleza Dentista Autoescuela Peluquería Optica

Distintas actividades de servicios con diferentes rasgos característicos

Servicio	Intensidad mano de obra	Contacto con clientes	Interacción con clientes	Singularidad o personalización	Naturaleza	Perceptor
Asesorías contables	Alta	Bajo	Alta	Adaptable	Intangible	Objeto
Banca	Baja	Bajo	Baja	Inadaptable	Intangible	Objeto
Peluquería	Alta	Alto	Alta	Adaptable	Tangible	Persona
Hostelería	Alta	Alto	Baja	Opcional	Tangible	Persona
Veterinarios	Alta	Bajo	Alta	Adaptable	Tangible	Animales
Entrenadores de fútbol	Alta	Alto	Alta	Adaptable	Intangible	Persona
Dentistas	Alta	Alto	Alta	Adaptable	Tangible	Persona
Universidades	Alta	Alto	Baja	Inadaptable	Intangible	Persona

A pesar de las diferencias señaladas, los responsables de las entidades de servicios también tienen que prestar una *particular atención al Diseño* de éstos. Pensemos, por ejemplo, en la evolución que han ido experimentando los formularios para la Declaración de la Renta y sus manuales de instrucciones, las tareas relacionadas con el análisis del valor desarrolladas en el sector hotelero, la simplificación de los extractos enviados por las entidades bancarias a sus clientes, etc. Durante esta etapa, las empresas deben *explicitar las* **bases sobre las que pretenden competir**, las cuales llevarán, por ejemplo, a que se preste una especial atención a la **reducción de costes** o a la **diferenciación** de sus servicios. La consecución del **primero** de los objetivos señalados puede lograrse a través de acciones como (Hill, 1991, pág. 100) la *búsqueda de clientes de bajo coste* (por ejemplo: entidades de abogacía que seleccionan su clientela en base al beneficio declarado anualmente), la *estandarización de alguno de los servicios prestados* (por ejemplo: contratos de apertura de cuentas corrientes) o la *auto-«personalización»* (por ejemplo: minibares y buffets para desayunos en hoteles). En relación a la **diferenciación**, las firmas pueden seguir diferentes opciones encaminadas a *hacer tangible lo intangible* (por ejemplo: cartas enviadas por la compañía suministradora de gas informando de que no ha existido ningún problema en los dos últimos meses), *personalización de un producto estándar* (por ejemplo: felicitaciones navideñas enviadas por un centro comercial dirigiéndose a cada cliente por su nombre), *modificación de las expectativas de calidad del servicio* (por ejemplo: campañas publicitarias dedicadas a informar a los clientes de los avances tecnológicos introducidos por una entidad), etc. Estas acciones están dirigidas a conformar lo que será el «envase» del servicio y, a través de ellas, el cliente podrá percibir aquellos rasgos que identifican a cada empresa. Así, el espacio entre butacas en los vuelos internacionales, el servicio de «aparcacoches» de algunos restaurantes, el reparto a domicilio de las mercancías adquiridas en un establecimiento, la climatización de un local, etc., contribuyen a diferenciar servicios idénticos en su naturaleza y a la fidelización de clientes.

Aunque con gran frecuencia el cliente debe estar presente para que se realice el servicio, dificultando o imposibilitando la aparición de economías de escala en este tipo de operaciones, ya existen evidencias empíricas que muestran que la difusión de los ordenadores y de las tecnologías de la información están cambiando esta situación en algunos sectores, como la Banca. En este caso, las consideraciones sobre el diseño deben incluir el entorno y los sistemas que se emplearán. Las instalaciones, procedimientos y sistemas deben ser diseñados partiendo de las características de los potenciales usuarios, así como del propio «producto» y los recursos humanos que formarán parte del proceso. Esta visión global demanda que las funciones de Marketing, Operaciones y Diseño actúen conjuntamente en el diseño de las operaciones de servicio.

4.9. LA APLICACION DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS AL PROCESO DE DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS Y SERVICIOS

La aplicación adecuada de los principios de la Tecnología de Grupos (véase Capítulo 10) reporta importantes beneficios, entre los que destacan:

- Diseño mejorado.
- Reducción en las compras y consumo de materias primas.
- Simplificación en la planificación y control de la producción.

- Mejora en la carga de máquinas y rutinas de fabricación.
- Reducción en el tiempo de preparación de herramientas y en los tiempos de producción y de trabajo en curso.

Otra de las ventajas de la Tecnología de Grupos es que proporciona a las personas encargadas del diseño un método sistemático para revisar las familias de componentes y detectar la adecuación de los ya existentes a un nuevo proyecto. Si son adecuados y pueden usarse se eliminan todos los costes vinculados al diseño y el desarrollo de los nuevos items, lo que supone un importante ahorro.

Por otro lado, la utilización de los sistemas CAD y CAM (véase Capítulo 10) también reporta importantes ventajas al diseño de productos. Entre ellas, las más destacadas son:

- Calidad de producto: CAD proporciona medios a Diseño para la investigación de un mayor número de alternativas, estudio de problemas potenciales, anticipación de peligros, etc.
- Disminución del tiempo de diseño y de los costes asociados.
- Reducciones en los costes de producción: por los menores costes de inventario y la mejor utilización del personal, conseguidos por la mejor programación y la más rápida ejecución de las actividades de diseño.
- Disponibilidad de una base de datos: pueden conseguirse cuantiosas reducciones de costes mediante la consolidación de datos actuales y precisos, de forma que todo el mundo opere con la misma información. Esta ventaja es especialmente relevante en los departamentos de preparación de las herramientas y de las cintas de control numérico.
- Nuevo rango de capacidades: es posible ver y mover objetos en tres dimensiones, comprobar ajustes, mejorar el uso de las máquinas herramientas de control numérico, etc.

4.10. CONSIDERACIONES FINALES

En un cierto momento, el producto ha sido seleccionado, diseñado y definido, al menos, parcialmente. Se ha pasado de una idea a una definición funcional y, por último, a un prototipo. La decisión que en este momento ha de adoptar la Dirección afecta al posterior desarrollo del producto, a su fabricación, constituyendo todo un arte predecir cuál será el momento óptimo para pasar a la misma (el Departamento de I+D, por ejemplo, siempre querrá seguir introduciendo mejoras). Una vez superada esta última y conflictiva etapa, suele emplearse un cierto tiempo para realizar el **test de fabricación**, con el que se comprueba si el producto puede ser realmente elaborado. Durante este período también se seleccionan las herramientas más adecuadas, los procedimientos de control de calidad y se forma al personal. Por último, cuando el producto ya sea considerado candidato a la comercialización, la responsabilidad recae sobre el personal de línea.

En las entidades de servicios, las especificaciones de las prestaciones a facilitar a los clientes, tales como nivel e intensidad del contacto, tiempo de entrega, mayor o menor estandarización, etc., condicionarán tanto los medios a emplear durante su procesado como la actividad de Operaciones a desarrollar (por ejemplo: programación de recorridos de las líneas de autobuses, gestión de inventarios de un Centro Comercial, localización de comisarías de policía, distribución en planta de hospitales); dada la frecuente simultaneidad entre la elaboración y

consumo del servicio, a diferencia de lo que ocurre con los productos, la necesidad de lograr una alta eficiencia se hace imperiosa.

La transición entre el diseño y la fabricación, tanto de los servicios como de los productos, es una etapa extremadamente frágil, razón por la cual numerosas empresas contratan a un «director de proyectos» o continúan delegando en el equipo de desarrollo de productos existente.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ADAM, E. E., y EBERT, R. J.: «Administración de la producción y de las operaciones», Prentice-Hall, 1991.

ANGELMAR, R.: «Product Innovation: A tool for competitive advantage», *European Journal of Operational Research* 47, 1990.

BANDYOPADHYAY, J. K.: «Product Design to Facilitate JIT Production», *Production and Inventory Management Journal* (APICS), 4th Quarter, 1990.

BARCLAY, I.: «The New Product Development Process: past evidence and future practical application: Part 1», *R & D Management*, vol. 22, n.° 3, 1992a.

BARCLAY, I.: «The New product Development Process: Part 2. Improving the process of new product development». *R & D Management*, vol. 22, n.° 4, 1992b.

BEDWORTH, D. D.; HENDERSON, M. R., y WOLFE, P. M.: «Computer-Integrated Design and Manufacturing», McGraw-Hill, 1991.

BESSANT, J.: «Managing Advanced Manufacturing Technology», NCC Blackwell, 1991.

BRALL, J. G. (ed.): «Handbook of Product Design for Manufacturing: A Practical Guide to Low Cost Production», McGraw Hill, 1986.

BOOTHROYD, G.: «Design for Assembly-The Key to Design for Manufacturing», *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1987.

BOOTHROYD, G., y DEWHURST, P.: «Product Design for Manufacture and Assembly», *Manufacturing Engineering*, abril 1988.

BOOZ; ALLEN, y HAMILTON: «New Products Development for the 1980s», Booz-Allen-Hamilton, 1982.

CALANTONE, R. J.; DI BENEDETTO, C. A., y DIVINE, R.: «Organizational, Technical and Marketing Antecedents for Successful New Product Development», *R & D Management*, vol. 23, n.° 4, 1993.

CASSIDY, F. D., y VOLLMANN, T. E.: «Enhancing Manufacturing Processes», *Manufacturing Roundtable Research Report Series*, Boston University, School of Management, 1988.

CLARK, K. B., y WHEELWRIGHT, S. C.: «El desarrollo de productos como ventaja competitiva», *Harvard-Deusto Business Review*, n.° 56, vol. 4, 1993.

CHANG, T-C.; WYSK, R. A., y WANG, H-P.: «Computer-Aided Manufacturing», Prentice-Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, 1991.

CHASE, R. B., y AQUILANO, N. J.: «Dirección y Administración de la producción y de las operaciones», Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.

CHASE, R. B., y GARVIN, A. D.: «The Service Factory». *Harvard Business Review*, July-August, 1989.

COOPER, R. G., y KLEINSCHMIDT, E. J.: «What makes a new product winner: success factors at the project level», *R & D Management*, vol. 17, n.° 3, 1987.

CRAIG, A., y HART, S.: «Where to now in New Product Development Research?», *European Journal of Marketing*, vol. 26, n.° 11, 1992.

DENTON, D. K.: «The Service Trainer Handbook», McGraw-Hill, 1992.

DILWORTH, J. B.: «Operations Management», McGraw-Hill, 1992.

DIXON, J. R., y DUFFEY, M. R.: «The neglect of engineering design», *California Management Review*, Winter, 1990.

FOWLER, T. C.: «Value Analysis in Design», Van Nostrand Reinhold, 1990.

GAITHER, N.: «Production and Operations Management», Dryden Press, 1992.

GERWIN, D.: «Integrating Manufacturing into the Strategic Phases of New Product Development», *California Management Review*, Summer, 1993.

GRIFFIN, A., y HAUSER, J. R.: «Patterns of Communication Among Marketing, Engineering and Manufacturing, A Comparison Between Two New Product Teams», *Management Science*, vol. 38, n.° 3, 1992.

GUPTA, A. K., y WILEMON, D. L.: «Accelerating the Development of Technology-Based New Products», *California Management Review*, Winter, 1990.

GOLD, B.: «Approaches to Accelerating Product and Process Development», *Journal of Product Innovation Management*, vol. 4, n.° 2, 1987.

HARMON, R. L.: «Reinventing the Factory II», The Free Press, 1992.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C., y CLARK, K. B.: «Dynamic Manufacturing», The Free Press, 1988.

HEIZER, J., y RENDER, B.: «Production and Operations Management», Allyn and Bacon, 1993.

HILL, T.: «Production and Operations Management. Text and Cases», Prentice Hall, 1991.

IANSITI, M.: «Real World R & D: Jumping the Product Generation Gap», *Harvard Business Review*, mayo-junio 1993.

KING, B.: «Better Designs in Half the Time: Quality Function Deployment in America», Methuen, 1989.

KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations Management: Strategy and Analysis», Addison-Wesley, 1990.

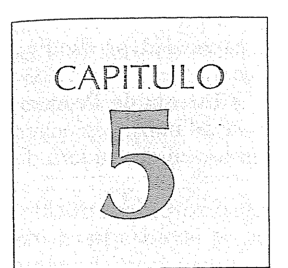
LINDELL, M.: «New products development: an active, interactive and contextual approach», *Scandinavian Journal of Management*, vol. 7, n.° 3, 1991.

MACHUCA, J. A. D.; DURBÁN OLIVA, S., y MARTÍN ARMARIO, E.: «El Subsistema productivo de la Empresa», Pirámide, 1990.

MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, G. S.; DOMÍNGUEZ M. M. A.; RUÍZ J. A., y ALVAREZ G. M. J.: «Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y en los Servicios», McGraw-Hill, 1994.

MATHER, H.: «Competitive Manufacturing», Prentice Hall, 1988.

McClain, J. O.; Thomas L. J., y Mazzola, J. B.: «Production of Goods and Services», Prentice Hall, 1992.
McGrath, M. E., y Hoole, R. W.: «Las nuevas economías de escala de fabricación», *Harvard Deusto Business Review*, n.° 53, 1, 1993.
Mintzberg, H., y McHugh, H.: «Strategy formation in an adhocracy», *Administrative Science Quarterly*, junio 1985.
Mosier, C. T., y Taube, L.: «The Facets of Group Technology and their Impacts on Implementation: A State of the Art Survey», *OMEGA*, 13, 5, 1985.
Ouchi, W. G., y Bolton, M. K.: «The Logic of Joint Research and Development», *California Management Review*, vol. 30, n.° 3, 1988.
Pearson, A. E.: «Tough-Minded Ways to Get Innovative», *Harvard Business Review*, mayo-junio, 1988.
Purser, R. E.; Pasmore, W. A., y Tenkasi, R. V.: «The influence of deliberations on learning in new product development teams», *Journal of Engineering and Technology Management*, n.° 9, 1992.
Rosenthal, S. R.: «Effective Product Design and Development: How to cut Lead Time and Increase Customer Satisfaction», Business One Irwin, 1992.
Rosenthal, S. R., y Tatikonda, M. V.: «Time Management in New Product Development: Case Study Findings», *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 11, n.° 5, 1992.
Sánchez Gallego, G.: «Ciclo de vida del producto», *Alta Dirección*, n.° 158, 1991.
Schonberger, R. J., y Knod, E. M.: «Operations Management: Improving Customer Service», Irwin, 1991.
Schoonhoven, C. B.; Eisenhardt, K. M., y Lyman, K.: «Speeding Products to Market: Waiting Time to Firts Product Introduction in New Firms», *Administrative Science Quarterly*, 35, 1990.
Schroeder, R. G.: «Operations Management: Decision Making in the Operations Function», McGraw-Hill, 1993.
Smith, P. G., y Reinertsen, D. G.: «Developing Products in Half the Time», Van Nostrand Reinhold, 1991.
Souder, W. E.: «Managing New Product Innovations», Lexington Books, 1987.
Starr, M. K.: «Managing Production and Operations». Prentice-Hall, 1989.
Stevenson, W. J.: «Production/Operations Management», Irwin, 1990.
Suzue, T., y Kodate, A.: «Variety Reduction Program: A Production Strategy for Product Diversification», Productivity Press, 1990.
Takeuchi, H., y Nonaka, I.: «The New Product Development Game», *Harvard Business Review*, vol. 64, 1, 1986.
Tower, A., y Hayes, M.: «Operations Management», Prentice-Hall, 1993.
Ulrich, K.; Sartorius, D.; Pearson S., y Jakiela, M.: «Including the Value of Time in Design for Manufacturing Decision Making», *Management Science*, vol. 39, n.°- 4, 1993.
Wheelwright, S. C., y Sasser, W. E.: «The New Product Development Map», *Harvard Business review*, vol. 67, 3, 1989.
Wheelwright, S. C., y Clark, K. B.: «Revolutionizing Product Development», The Free Press, 1992.
Wild, R.: «Production and Operations Management», Cassell (Alden Press), 1991.
Zhang, H-C., y Alting, L.: «An Exploration of Simultaneous Engineering for Manufacturing Entreprises», *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, n.° 7, 1992.



LA SELECCION Y DISEÑO DEL PROCESO

5.1. INTRODUCCION

La **planificación y diseño de los productos** (Capítulo 4) determina el momento, las características y el conjunto de opciones que se ofertarán al mercado para responder a las amenazas y oportunidades de la empresa, contribuyendo, por tanto, a determinar su posición competitiva. Tiene, además, importantes repercusiones sobre la **planificación y el diseño del proceso** y sobre las *necesidades de capacidad* (Capítulo 7), desempeñando un papel relevante en la determinación de las actividades que la Función de Operaciones deberá desarrollar. El **Diseño del Proceso** especifica *cómo se desarrollarán tales actividades, guiando la elección y selección de las tecnologías de la Organización y dictando el momento y las cantidades de recursos productivos a adquirir, así como la disponibilidad de éstos;* limita, pues, el margen de maniobra de la empresa para la puesta en práctica de las decisiones resultantes de la planificación de productos (Kim y otros, 1992, pág. 44). La estrecha relación entre la selección de planes de productos y procesos fue observada por Abernathy y Utterback (1975) o Abernathy (1976), entre otros, y es bien conocida la matriz de productos y procesos de Hayes y Wheelwright (1979). El vínculo entre la planificación y diseño del producto y del proceso constituye, por tanto, una parte esencial en la implementación de la Estrategia de Operaciones; este capítulo, como también lo hiciera el anterior, tratará la formulación adecuada de ese vínculo.

Durante la fase de diseño de un bien o servicio se genera información sobre cómo debe ser éste, pero no sobre cómo organizar el proceso de transformación para producirlo, esto es, qué equipos se deben emplear, tipo de personal a asignar, etc. El procedimiento generalmente seguido en el Diseño del Proceso productivo suele comenzar con la consideración conjunta de todas las posibles formas de organización, para proceder, posteriormente, a seleccionar la mejor estrategia a seguir en la obtención de los *outputs* deseados. Mediante la **Estrategia de Proceso** *la firma decide cómo efectuar la transformación de sus recursos productivos en bienes y/o servicios, siendo su objetivo encontrar un modo de producirlos que dé lugar a las condiciones y especificaciones demandadas por los clientes, dentro de los límites marcados por las restricciones financieras y directivas.* Las **decisiones clave** sobre los procesos de transformación están relacionadas con *la organización de los flujos de trabajo, la selección de la combinación producto-proceso más adecuada, la adaptación estratégica del proceso y la evaluación de la automatización y de los procesos de alta tecnología.*

Al definir la amplitud seleccionada de la gama de productos a ofrecer, la **Estrategia de Producto** está influyendo sobre los tipos de **capacidad** productiva que serán necesarios, influencia que se ejerce en sentido descendente. Inversamente, los tipos de capacidad existentes, determinados por la **Estrategia de Proceso**, pueden influir sobre los productos a fabricar, en cuyo caso la influencia se ejerce en sentido ascendente. La prioridad que se asigne a cada dirección dependerá de la empresa en concreto.

Antes de que se pueda alcanzar una decisión sobre el proceso productivo, ha de conocerse el volumen de producción planificado, esto es, se necesita partir de una estimación de la demanda y de información sobre la capacidad física de las operaciones. Aunque el estudio de la capacidad del Subsistema de Operaciones será abordado en el Capítulo 7 siguiendo la estructura habitualmente utilizada en los manuales recientes de nuestro campo de estudio, asumiremos, por ahora, que ya se han tomado las decisiones correspondientes.

El tipo de proceso productivo que se seleccione deberá seguir las pautas delimitadas por la Estrategia de Operaciones; así, si el posicionamiento para un determinado producto consiste en la elaboración de lotes pequeños de artículos a la medida, que se suministrarán inmediatamente después de su fabricación, el proceso productivo debe reunir la flexibilidad suficiente para elaborar económicamente los items y entregarlos en un tiempo competitivo. Como se señaló en el Capítulo 4, el diseño o rediseño del proceso está profundamente relacionado con el del producto, relación que es asumida por el concepto de **Ingeniería Concurrente o Simultánea**.

5.2. TIPOS DE PROCESOS O CONFIGURACIONES PRODUCTIVAS

Existen múltiples clasificaciones de las configuraciones productivas propuestas por los diferentes autores. En este sentido Woodward (1965) propuso una primera clasificación que distingue entre *fabricación unitaria*, de *pequeños lotes*, de *grandes lotes*, *producción en serie* y *procesos continuos*; el inconveniente principal de la misma radica en la dificultad de caracterizar sin ambigüedad la diferencia entre pequeños y grandes lotes (Khandwalla, 1974), a lo que ha de unirse el énfasis actual en la reducción de los tamaños de éstos (véase Capítulo 2). Por nuestra parte, *preferimos clasificarlos en función de la continuidad en la obtención del producto* en:

- **Por proyectos**, cuando se obtiene uno o pocos productos con un largo período de fabricación.
- **Por lotes**, cuando se obtienen productos diferentes en las mismas instalaciones.
- **Continua**, cuando se obtiene siempre el mismo producto en la misma instalación.

No obstante, la configuración por lotes se puede presentar en tres formas diferenciadas, lo que da origen a la clasificación propuesta por Hayes y Wheelwright (1984), que distingue entre las categorías de *proyecto*, *talleres* o *a medida*, *en batch*, *en línea y continua*, que, siendo similar a la de Woodward, elimina el problema de la dimensión de los lotes. Esta escala ha sido ampliamente aceptada por los departamentos de Operaciones, por lo que es la que seguiremos de ahora en adelante. Como veremos posteriormente, se va pasando de un tipo a otro de configuración a medida que aumenta el volumen de producción, la automatización y homogeneización de los procesos, la repetitividad de las operaciones, la inversión en capital y la estandarización del producto, reduciéndose la flexibilidad del proceso y la participación del cliente en éste.

Seguidamente estudiaremos cada uno de los procesos o tipos de configuraciones productivas anteriores con mayor detenimiento.

5.2.1. Configuración productiva por proyectos

La configuración de **proyectos** es la que se emplea para la elaboración de servicios o productos «únicos» y de cierta complejidad (por ejemplo: petroleros, aviones, autopistas, líneas férreas, etc.), que se obtienen a partir de la coordinación en el uso de unos *inputs* que suelen ser de gran tamaño. Esta característica, unida a la especificidad de *inputs* y *outputs*, hace que, normalmente, los primeros sean trasladados al lugar en que se elabora el producto o se genera el servicio. Cada vez que se produce uno de estos bienes o servicios, las actividades a desarrollar para su consecución pueden variar (recordemos, a modo de ejemplo, las que se ejecutaron para la realización de los puentes de la Expo'92), por lo que, habitualmente todas ellas, incluyendo las de apoyo, se controlan conjuntamente por un equipo de coordinación, atendiendo especialmente a la duración total del proyecto; ello supone que se hayan de determinar las relaciones de precedencia entre tareas, el coste de las distintas duraciones parciales, los costes de los retrasos, etc. Este control también se ocupa de la asignación y reasignación de recursos a lo largo de la duración del proyecto.

La labor principal del responsable de Operaciones será, por tanto, la coordinación de un gran número de actividades y recursos interrelacionados, de forma que se satisfagan las necesidades de los clientes a la par que se minimiza el coste de los recursos empleados. La gestión de los procesos productivos por proyectos es abordada con especial detenimiento en J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulo 10).

5.2.2. Configuración productiva por lotes

El hecho diferenciador que distingue a la **configuración por lotes** está en que utiliza las mismas instalaciones para la obtención de múltiples productos, de forma que, una vez obtenida la cantidad deseada para uno de ellos, se procede a ajustar la instalación o instalaciones y a procesar otro lote de otro producto, repitiéndose continuamente esta secuencia. No obstante, en función del tamaño de los lotes obtenidos, de la variedad y homogeneidad de los productos fabricados y de las características de los procesos seguidos, nos podremos encontrar con los tres tipos de configuraciones que comentamos a continuación.

5.2.2.1. *Las configuraciones Job-Shop*

En este tipo de configuración se producen lotes más o menos pequeños de una amplia variedad de productos de poca o nula estandarización (son «a medida» o con muchas opciones personalizadas), empleándose equipos de escasa especialización, los cuales suelen agruparse en Talleres o Centros de Trabajo (CT) a partir de la función que desarrollan; estos equipos suelen ser versátiles y permiten ejecutar operaciones diversas, por lo que puede alcanzarse una amplia variedad

de *outputs*. Los costes variables son, en general, relativamente altos debido a la baja o muy baja automatización pero, como contrapartida, la inversión inicial no es alta, lo que genera un bajo coste fijo.

La adecuada gestión de los CT está condicionada por una buena estimación de la demanda. La planificación comienza en el nivel agregado (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 1), en el que se agrupan todos los tipos de trabajo que han de desarrollarse en un determinado periodo de tiempo con el fin de determinar las necesidades de equipos y plantilla. Concluirá con la programación de operaciones (*Ibídem*, Capítulo 9), en la que, caso de existir rutas alternativas para los items a obtener, se comenzará por realizar la *carga de talleres o asignación de cargas a máquinas*, en la que se adscribirán los pedidos a elaborar a los CT, estableciéndose qué operaciones se realizarán en cada uno de ellos. Hecho esto se procederá a la *secuenciación*, en la que se establecerá la prioridad de paso de los pedidos entre los CT, para cumplir las fechas de entrega planificadas con la menor cantidad de recursos e inventarios; a partir de ésta se podrá obtener el *Programa de Operaciones Detallado*.

Los CT producen volúmenes bajos o muy bajos de *outputs* diversos, elaborados a partir de diferentes materiales y con el concurso de muy distintas herramientas. En la planta industrial se pueden estar desarrollando en un determinado momento diversas tareas para distintos tamaños de lote de diferentes items; como los productos se encuentran en distintas etapas de su proceso y se fabrican cantidades diversas, es difícil utilizar un calendario fijo de utilización del equipo, por lo que el trabajo de programación se vuelve especialmente importante. La gestión de la información es esencial; los cuellos de botella deben reducirse a un mínimo mediante el control de las *colas de espera* y una adecuada programación y control a muy corto plazo. La forma de llevar a cabo esta última dependerá del caso, pudiéndose optar por diversas vías de actuación (*Ibídem*, Capítulo 9). Cada pedido tiene su fecha de entrega, de modo que la persona que se encarga de asignar las fechas de envío no debería proceder sin contar con la confirmación previa de los encargados de la programación de la producción; en ocasiones esto no sucede así y surgen problemas entre los departamentos de Ventas y Operaciones.

Dentro de este tipo de configuración se pueden distinguir dos situaciones:

A) **Configuración a medida o de talleres.** En este caso el proceso de obtención del producto requiere un pequeño número de operaciones poco especializadas, las cuales son realizadas por el mismo trabajador o por un grupo de ellos, que se hacen cargo de todo el proceso de obtención de un pedido concreto empleando los diferentes CT para el desarrollo de las distintas operaciones; el lote suele ser de pocas unidades de un producto, normalmente diseñado a medida de las exigencias del cliente, por lo que la variedad es prácticamente infinita (limitada sólo por la imaginación del cliente y las posibilidades técnicas de la empresa). Tal es el caso, por ejemplo, de una pequeña empresa fabricante de muebles a medida, en la que un grupo de operarios se podría hacer cargo de la fabricación de un armario, comenzando con el cortado de la madera y terminando con el montaje y lacado.

Este tipo de procesos, en los que la sofisticación tecnológica suele ser muy baja y la automatización nula, suele requerir que el personal domine cada una de las tareas necesarias para la fabricación del producto o prestación del servicio (pensemos en una librería en la que diferentes dependientes atienden las solicitudes de distintos clientes de forma simultánea, esto es, cada uno de ellos está atendiendo a un cliente con independencia de la dificultad de su pedido). Lógicamente, son procesos muy flexibles debido a la poca o nula automatización de los mismos y a su baja homogeneidad.

B) **Configuración en *batch*.** En este caso el proceso de obtención requiere más operaciones y éstas son más especializadas, con lo que difícilmente un mismo operario podría dominarlas todas con una eficiencia aceptable. Los CT han de contener maquinaria algo más sofisticada y enfocada a ciertos tipos de operaciones, por lo que se requiere una mayor inversión en capital, aunque la automatización de los procesos sigue siendo baja y se mantiene una buena flexibilidad. Cada trabajador domina el funcionamiento de uno o varios CT (incluso cada uno de éstos puede llegar a tener sus servidores concretos); de esta forma, el operario asignado a un centro realiza sólo las operaciones de los items que se llevan a cabo en el mismo. El lote llega al CT para sufrir una operación y, cuando ésta se completa sobre todas las unidades del lote, éste es trasladado al siguiente CT que indica su ruta o, si aquél está ocupado, a un almacén en espera de que quede libre.

El producto suele tener bastantes versiones entre las que ha de elegir el cliente (que mantiene una participación media en el proceso), por lo que ya no es «a medida», dándose un cierto grado de estandarización, aunque seguirá habiendo una baja repetitividad de las operaciones; la variedad es grande, pero con ciertas limitaciones con respecto al caso anterior. Además, los lotes suelen ser mayores que en el caso A). Ello sucede, por ejemplo, en una fábrica normal de muebles, donde el cliente puede elegir la tapicería de las sillas y la forma o el color del armario, pero sólo de entre las opciones del catálogo que le ofrece la empresa.

El **objetivo** es *concentrar las destrezas y conocimientos y aumentar la utilización de los equipos*. La aplicación de estos principios posibilita la consecución de un cierto grado de especialización de la mano de obra, a la vez que el mantenimiento de la inversión en bienes de equipo en un nivel relativamente bajo.

En ambos casos la **problemática de la programación de las operaciones** tiene la misma esencia: los pedidos han de pasar por los diferentes CT para sufrir distintas operaciones (ejecutadas por los mismos o diferentes trabajadores); al llegar un pedido a un CT puede encontrarlo ocupado con otro pedido (produciéndose colas de espera) o, por el contrario, el CT puede terminar un lote antes de que llegue el siguiente (con lo que existirán tiempos ociosos). Hay una prioridad entre los pedidos marcada por la fecha de entrega comprometida con el cliente, además de una secuencia de operaciones que hay que respetar y que viene dada por la *ruta* del ítem. La programación de operaciones se vuelve muy compleja y se intenta reducir al mínimo las esperas y tiempos ociosos, cumpliendo, además, con las prioridades entre pedidos y con las fechas de entrega comprometidas. No obstante, en la práctica, es más compleja la programación en el segundo caso por tres motivos:

- Debido al mayor coste y especialización de las instalaciones se perseguirá una mayor ocupación de los CT, de forma que cada uno de ellos debería estar ocupándose en cada momento de una operación de un pedido diferente. Al trabajar con menos holgura de la capacidad disponible en cada CT, es más difícil programar para cumplir las fechas de entrega y mantener las

colas de espera en un nivel adecuado. En el primer caso se parte de que va a darse una baja utilización de los CT, trabajándose con más capacidad sobrante y siendo, por tanto, más fácil cumplir las fechas de entrega.

- Al contrario que en el primer caso, en el segundo, un pedido no se referirá sólo al producto final sino también a los componentes de su lista de materiales, los cuales habrá que obtener previamente, multiplicándose así el número de pedidos en curso. Aunque estos pedidos de componentes no tienen fecha comprometida con el cliente, sí tienen una fecha que cumplir (establecida en la planificación de materiales), la cual habrá de respetar, pues sólo así los productos de que forman parte podrán ser entregados en el tiempo estipulado.
- En el segundo caso los procesos de obtención son más complejos y el número de operaciones y CT mucho mayor, aumentando, pues, la dimensión del problema.

A pesar de las diferencias mencionadas, el tratamiento de ambos casos en la Programación de Operaciones es análogo; las técnicas de carga o secuenciación a emplear son las mismas (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 9) y no se hacen distinciones entre ellos al realizar la planificación de materiales o la planificación y control de la producción a muy corto plazo.

5.2.2.2. *Las configuraciones en línea*

En esencia, cuando se trata de fabricación de grandes lotes de pocos productos diferentes (con pocas opciones) pero técnicamente homogéneos, usando para ello las mismas instalaciones, hablamos de **Configuración en Línea**. Se trata de items cuyo proceso de obtención en el CT requiere una secuencia similar de operaciones, aunque alguno de ellos pueda saltar alguna que no le es necesaria, por lo que dichas *máquinas* se disponen en *línea*, una tras otra. Tras fabricarse un lote de un ítem, se procede a ajustar las máquinas y se fabrica un lote de otro distinto, y así sucesivamente.

En este caso la maquinaria es mucho más especializada que en los anteriores, dándose una alta inversión en capital así como una mayor automatización y homogeneidad de los procesos que en el *Job-Shop*. No obstante, debido a que han de ser ajustables para desarrollar operaciones muy similares, pero no exactamente iguales (con lo que hay ya una repetitividad media o alta), los equipos siguen siendo más versátiles que en la configuración continua (donde las instalaciones están diseñadas para la realización de una sola operación (véase Apartado 5.2.3)). La especialización de los trabajadores es también mayor que en el *Job-Shop*, realizando éstos la misma función, aunque se traduzca en varias operaciones (por ejemplo: distinto número de perforaciones para atornillar una pieza, profundidades en un fresado). Gracias a esta especialización se logran menores costes variables que en los casos anteriores, por el aprovechamiento de las economías de escala, aunque se pierde flexibilidad. Como contrapartida, el monto de la inversión que conlleva es mucho mayor que en configuraciones *Job-Shop*, lo que implica incurrir en mayores costes fijos. Además, este tipo de equipos suele dar lugar a la aparición de altos costes de preparación, aunque, una vez que ésta se produce, deben ser capaces de generar con gran eficiencia un *output* de elevada calidad. Es necesario, pues, que su utilización sea alta y para hacer frente a lotes de gran volumen; sólo así se podrá lograr un coste unitario bajo. Por ello, este tipo de empresas suelen *fabricar para inventario*.

Este tipo de configuración aprovecha en parte las ventajas derivadas de la configuración continua (véase Apartado 5.2.3) y de la *Job-Shop*. Normalmente implica un diseño de productos y procesos a largo plazo y el esfuerzo merece la pena dados los beneficios de la fabricación en serie (típica de las configuraciones continuas), con lo que pueden obtenerse economías de escala con el empleo de estos equipos. El volumen de producción permite que se puedan coordinar las actividades promocionales, las campañas publicitarias y las actividades de marketing. Adicionalmente es posible conseguir descuentos al comprar cantidades superiores de materias primas y, por supuesto, es posible conseguir los beneficios del efecto aprendizaje (véase Apartado 5.7.7). Por todo ello, siempre que el volumen de la demanda y las características del producto lo permitan, se logrará una mayor eficiencia que en un *Job-Shop*. Por otro lado, permiten, además, el uso de máquinas que evitan que la plantilla ejecute tareas tan monótonas o aburridas como las de la producción continua, posibilitando obtener adicionalmente una cierta variedad de productos, ventajas típicas de las configuraciones en *Job-Shop*.

La variedad suele ser baja, con productos técnicamente homogéneos y con pocas opciones, lo que hace que la participación del cliente en el proceso sea pequeña. Piénsese, por ejemplo, en la línea de montaje de un coche donde, aunque varíe el equipamiento, la motorización o el número de puertas, se trata siempre del mismo modelo.

Una de las posibles vías para llegar a una configuración en línea partiendo de un taller consiste en el uso de la **fabricación modular**, que significa la especialización en la producción de ciertas piezas o actividades que pueden ser empleadas como componentes de diferentes bienes o servicios. Los antecedentes de esta práctica los podemos encontrar en las bombillas o en los tornillos. Al recurrir a esta «comunalidad», lo que se busca es conseguir una demanda agregada lo suficientemente elevada como para justificar la inversión en una línea. El **principio de la modularidad** es el *diseño, desarrollo y fabricación del menor número de piezas u operaciones que, posteriormente, puedan ser combinadas en el máximo número de formas para ofrecer el mayor número posible de productos o servicios* (véase Capítulo 4). La matriz de la Tabla 5.1 (elaborada a partir de Starr, 1989, pág. 142) ilustra este principio; con *n* piezas diferentes (*PAj*) se pueden conseguir *m* configuraciones de productos distintas (*PRi*). El objetivo será conseguir la mayor variedad posible de *PRi* con el menor número de *PAj*. Lógicamente, no todas las posibles combinaciones teóricas serán atractivas para los clientes, pero la idea principal del diseño modular es contar con un inventario de partes o piezas que se puedan emplear en

Tabla 5.1. El principio de modularidad

Variedad de piezas o componentes	Variedad de productos							
	PR1	PR2	PR3	PR4	...	PRi	...	PRm
PA1	1	0	1	1	...	0	...	0
PA2	0	1	0	1	...	2	...	1
PA3	0	3	0	1	...	1	...	2
PA4	1	0	1	0	...	2	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
PAj	2	0	0	1	...	1	...	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...
PAn	0	0	1	1	...	0	...	1

numerosas combinaciones interesantes para aquéllos. En nuestro ejemplo, la versión *i* requiere 2 piezas del número 2, 1 del 3, 2 del 4 y 1 de *j*.

La **Tecnología de Grupos** (véanse Apartado 4.9 y Capítulo 10) parte también de este concepto, refiriéndose a la agrupación en familias de piezas similares; podemos desarrollar, por ejemplo, procesos en línea eficientes para los diferentes componentes de un automóvil que, aunque tengan distinto tamaño, compartan el mismo diseño y operaciones productivas (por ejemplo: tapacubos, amortiguadores, etc.). La tecnología que se requiere para ello asegura unos costes de transición mínimos cuando la línea de producto se desplaza entre las diferentes variantes de proceso. Una empresa que emplee esta técnica para mejorar el margen de beneficios de su línea de productos puede volverse tan productiva en su familia de operaciones especializadas, que irá variando progresivamente su énfasis desde los productos hacia los componentes, pudiéndose llegar a convertir en subcontratista o proveedor de la industria con el *output* de sus operaciones más eficientes.

Mediante la fabricación modular se incrementará la demanda de determinados componentes específicos, hasta que se logren niveles de ésta para los que sea factible la fabricación en serie y, a través del empleo de la Tecnología de Grupos, puedan asignarse estas familias agregadas a grupos de máquinas, de forma que se logre el mejor aprovechamiento de las mismas.

Un tercer elemento de apoyo en la construcción de una línea son las **piezas intercambiables**. Nos encontramos ante este tipo de componentes cuando los *outputs* de un sistema productivo pueden mezclarse y expedirse en cualquier orden para ser ensamblados con otras piezas producidas de forma similar. El concepto de piezas intercambiables puede ser descrito brevemente del siguiente modo: todas las unidades fabricadas conforme a las especificaciones de una clasificación de piezas particular pueden ser tratadas como idénticas, con independencia del momento en que fueron elaboradas; cualquier pieza puede sustituir a otra de su fila (véase la Figura 5.1), mientras que los **módulos intercambiables** de piezas se diseñan para que puedan ser transferidos entre productos (sustitución entre columnas de la referida matriz).

No basta con planificar y poner en marcha un sistema de fabricación modular, sino que, además, hay que preservarlo y mantenerlo en un entorno cambiante y competitivo, lo cual sólo puede lograrse mediante una adecuada estimación del futuro y una planificación que incorpore suficiente flexibilidad para modificar el diseño del producto o servicio, de modo que éste pueda mantenerse durante el mayor tiempo posible en la etapa de madurez de su ciclo de vida.[1]

5.2.3. La configuración continua

La fabricación en lotes se transforma en un **flujo continuo de producción** cuando se eliminan los tiempos ociosos y de espera, de forma que siempre se están ejecutando las mismas operaciones, en las mismas máquinas, para la obtención del mismo producto, con una disposición en cadena o línea. Cada máquina y equipo están diseñados para realizar siempre la misma operación y preparados para aceptar de forma automática el trabajo que les es suministrado por una máquina precedente, que también ha sido especialmente diseñada para alimentar a la máquina que le sigue; los operarios siempre realizan la misma tarea para el mismo producto. Existe, por tanto, una dependencia secuencial en un sistema integrado; cada tarea a realizar puede ser diferente, pero éstas y la forma en que se ejecutarán, han de considerarse simultáneamente. La homogeneidad del proceso y la repetitividad de las operaciones son altas.

En la fabricación continua no se suele incurrir en paradas de la producción; en algunos casos, una parada del proceso podría originar graves perjuicios a la maquinaria (por ejemplo: el caso Alúmina-Aluminio, la necesidad de mantener en combustión los gases derivados del refinamiento de crudos o en funcionamiento el reactor de una central nuclear). También pueden darse casos en los que la producción se interrumpa unas horas al día (por ejemplo: trabajando la factoría a 2 turnos de 8 horas), pero comenzando al día siguiente donde quedó, siguiendo con la fabricación del mismo producto, por lo que se trataría del mismo caso.

Los **objetivos** básicos de la producción continua son la *mejora del flujo de materiales y trabajos*, la *especialización de los conocimientos y destrezas de los trabajadores* y una *rápida realización de los trabajos y generación del valor añadido*. En estos entornos, cada vez que una tarea es ejecutada sobre un ítem, éste pasa a la etapa siguiente sin tener que esperar a que la tarea en cuestión sea realizada sobre todas las unidades de su lote. Para que el flujo de trabajos y materiales sea lo más fluido y alisado posible, todas las estaciones de la cadena han de desarrollar una o varias tareas que, en conjunto, tengan la misma duración, no debiendo producirse movimientos fuera de la línea (por ejemplo: las tareas de inspección han de estar situadas físicamente en el flujo de fabricación y operar dentro de las mismas restricciones de tiempo que las restantes tareas). Puesto que se persigue un equilibrado total de las operaciones (véase Apartado 9.5.2), cualquier problema que pueda surgir en una de las etapas y no pueda ser resuelto dentro de las restricciones de tiempo de la misma afectará al proceso en su conjunto.

5.2.3.1. *Requisitos para un funcionamiento adecuado de los procesos continuos*

Para que un proceso continuo pueda operar adecuadamente han de cumplirse los siguientes **requisitos** (Muhlemann y otros, 1992, págs. 209-210):

- *La demanda debe ser lo más uniforme posible.* Si ésta sufriese descensos imprevistos y no se modificase el Plan de Producción, podría producirse una acumulación no deseada de productos terminados, lo cual podría generar problemas de almacenamiento y financieros. Si se optara por ajustar el Plan de Producción a las fluctuaciones de la demanda (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Apartado 3.3), sería necesario modificar con frecuencia el ritmo de las operaciones, lo que implicaría un desaprovechamiento de la capacidad productiva; dada la altísima inversión que requiere este tipo de instalaciones, esto llevaría a un alto coste fijo unitario. Por ello, las empresas que trabajan con este tipo de configuración intentan estabilizar su Plan de Producción fabricando para inventario durante las etapas de menor demanda (esta opción sólo es adecuada cuando los productos manufacturados no son perecederos y los costes de posesión de inventarios son inferiores a los costes asociados a los cambios en la tasa de producción).
- *El producto, servicio o trabajo ha de estar estandarizado.* La configuración continua es esencialmente rígida o inflexible, por lo que no puede ser

[1] La compañía Volkswagen, por ejemplo, renueva su modelo POLO, ofertando cerca de 60.000 versiones diferentes. «... La explicación está en un nuevo y revolucionario sistema de producción modular que permite intercambiar los elementos de cuatro áreas diferentes: equipamiento interior, motores y tren de rodaje, pinturas y equipamiento opcional...» También Opel renovará el modelo ASTRA con pequeños detalles de «*restyling*» (véase *Dinero*, núm. 574, 26 de septiembre de 1994, página 75).

ajustada para introducir modificaciones en la gama de productos. La diversidad en los productos finales sólo puede ser adquirida mediante variaciones en los acabados, decoración y pequeños detalles (por ejemplo: cerveza con una baja graduación en alcohol, agua fluorada). La participación del cliente en el proceso es, pues, prácticamente nula.

- *Los materiales deben ajustarse a las especificaciones y ser entregados a tiempo.* Debido a la falta de flexibilidad del proceso, éste no admite variedad en las características de los materiales que deben ser procesados; por otra parte, los retrasos en su suministro tienen efectos muy negativos, en cuanto que puede llegar a paralizarse toda la cadena. A modo de ejemplo puede considerarse el caso de la empresa Seat, que hubo de recurrir al uso de transporte aéreo para que los suministros de componentes alemanes llegaran a tiempo a su planta durante la huelga de camioneros franceses de 1992. No obstante, dado su carácter especializado, repetitivo y uniforme, la planificación de materiales puede ser realizada con mucha precisión.
- *Todas las operaciones referentes a la realización de un trabajo han de ser detalladas y definidas.* Para que el flujo de proceso permanezca equilibrado, todas las operaciones han de ejecutarse siempre del mismo modo y en el mismo tiempo, lo cual sólo podrá lograrse cuando se emplee un adecuado manual de instrucciones (véase Apartado 4.5).
- *La ejecución de las tareas debe ajustarse a las especificaciones y estándares de calidad.* Cuando se trabaja a la medida o por lotes, las desviaciones y errores en el proceso que conducen a una menor calidad del producto pueden ser compensadas realizando más unidades, o ejecutando tareas adicionales para reparar o adecuar el producto. Estas actuaciones no son posibles en la fabricación continua, dada la detallada y estricta caracterización de cada etapa; esto es, no se puede dedicar más tiempo para reparar un error en una de ellas ni se pueden llevar a cabo tareas diferentes a las preestablecidas para cada una de éstas.
- *El mantenimiento debe ser preventivo.* Si se produce una parada o avería del equipo en alguna etapa, se detiene todo el flujo, por lo que han de tomarse las oportunas medidas previas para que este evento no tenga lugar.
- *Todas las etapas deben estar equilibradas.* Si se desea que no se produzcan colas y líneas de espera (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Anexo a Parte I), el tiempo de operación de cada etapa ha de ser el mismo a fin de que el proceso esté equilibrado; para conseguirlo, es imprescindible efectuar una detenida planificación previa al comienzo de las operaciones, igualar la duración de las mismas y, en particular, gestionar la llegada de materiales en las fechas, calidades y cantidades correctas. No siempre es posible lograr el equilibrado total, por lo que se suele partir de cierta ineficiencia.

La gestión de los **procesos continuos** demanda, pues, una cuidadosa planificación previa, en la que todos los aspectos del proceso de transformación de *inputs* en *outputs* son prediseñados. Puesto que el sistema está configurado para la repetición, las oportunidades para eliminar imperfecciones, estabilizar rendimientos y mantener altos niveles de calidad consistente, son elevadas. Pero ha de considerarse que el proceso no debería ser intensivo en mano de obra, pues cuando se emplea esta opción para la realización de tareas rutinarias, la plantilla va desmoralizándose paulatinamente, lo cual se traduce en una reducción de la homogeneidad del *output* o, lo que es lo mismo, en la consecución de unos niveles no consistentes de calidad.

Por último, podríamos sintetizar las **ventajas** de este tipo de configuraciones *con respecto a la de lotes* en los siguientes aspectos (Muhlemann y otros, 1992, página 211):

- Puede reducirse el contenido del trabajo de la mano de obra directa, ya que la detallada planificación previa contribuye a la consecución de economías en tiempo.
- Si la tarea y el producto se diseñan correctamente desde sus inicios, su «reproducibilidad» y, consiguientemente, su precisión, serán altas. Se refuerza el control de la calidad.
- Cualquier debilidad en materiales o métodos se pone rápidamente en evidencia.
- Las necesidades de materiales pueden ser planificadas con mayor precisión.
- La inversión efectuada en materiales y otros recursos productivos se convierte con mayor rapidez en ingresos por ventas.
- La inexistencia de períodos ociosos entre operaciones lleva al inventario de productos en curso a sus valores mínimos, conduciendo a que no haya necesidad de éste y a que disminuyan las necesidades de espacio para almacenes.
- Se reduce la necesidad de transportar materiales y herramientas.
- Se simplifica el conjunto de operaciones de control y el propio sistema ejerce el autocontrol.

5.2.4. A modo de resumen

Por último, para ilustrar mejor la comparación de características de los cinco tipos de configuraciones expuestas a partir de los factores condicionantes del diseño del proceso, se han resumido los valores que alcanzan para algunos de ellos en el Cuadro 5.1. Este nos servirá, además, para una mejor comprensión del apartado siguiente.

Cuadro 5.1. Cuadro comparativo de los diferentes tipos de Configuraciones

Configuración	Homogeneidad del proceso	Repetitividad	Producto	Intensidad del Capital	Flexibilidad	Participación del cliente	Volumen de *output*
Continua	Alta	Alta	Estándar	Automatización e inversión alta	Inflexible	Nula	Muy grande
Línea	Media	Media	Varias opciones	Automatización e inversión media	Baja	Baja	Medio/grande
Batch	Baja	Baja	Muchas opciones	Automatización e inversión baja	Media	Media	Bajo
Talleres o a medida	Muy baja	Muy baja	A medida	Automatización escasa o nula, inversión baja	Alta	Alta	Muy bajo
Proyecto	Nula	Nula	Unico A medida	Automatización nula	Alta	Alta	Uno o pocos

5.3. ESTRATEGIAS DE PROCESO EN LA INDUSTRIA

El **ciclo de vida de los procesos** productivos comenzó a llamar la atención de los estudiosos de la Dirección de Operaciones hace casi veinte años[2]. De la misma forma que los productos en un mercado atraviesan una serie de etapas destacadas, los procesos pasan por diferentes estados durante la fabricación de los mismos. La evolución suele comenzar con una etapa **fluida**, esto es, altamente flexible pero poco eficiente en términos de coste, para irse estandarizando, mecanizando y automatizando progresivamente; esta evolución culmina en un proceso **sistémico**, muy eficiente pero mucho más intensivo en capital, interrelacionado y, por tanto, mucho menos flexible que el proceso fluido original (Hayes y Wheelwright, 1984, pág. 209). En relación con lo anterior existen dos **principios básicos**. El primero se refiere a la *interdependencia entre los ciclos de vida de los productos y los procesos*; estos últimos afectan a los costes de producción, a la calidad y al volumen fabricable, lo cual incide a su vez sobre el volumen de ventas. De forma similar, éste repercute sobre el tipo de proceso productivo que se puede justificar económica y financieramente. El segundo indica que *es poco frecuente que los procesos productivos evolucionen de forma continuada a lo largo del ciclo de vida, siendo lo habitual que lo hagan escalonadamente*. La Figura 5.1 (Hayes y Wheelwright, 1984, pág. 209) sugiere una forma de representar la interacción existente entre las distintas etapas del ciclo de vida de productos y procesos; las filas de esta matriz representan las que atraviesa un proceso productivo desde su etapa fluida inicial hasta su consolidación en la forma sistémica. Las columnas corresponden a las diferentes fases del ciclo de vida de bienes y servicios (véase Apartado 4.2), desplazándose desde la gran variedad que caracteriza a la introducción, hasta los productos consolidados altamente estandarizados.

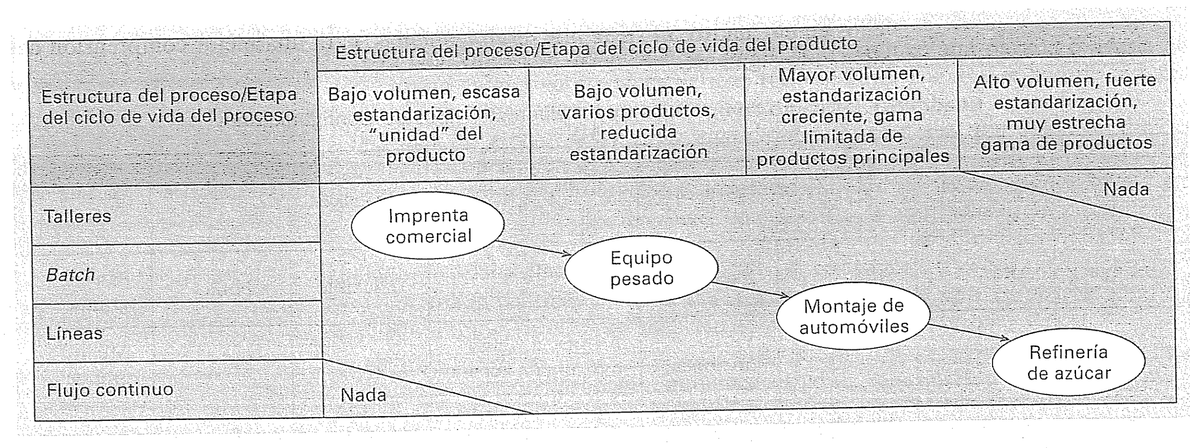


Figura 5.1. La matriz producto-proceso de Hayes y Wheelwright.

Cada empresa (o línea de productos de ésta si existen varias) puede ser representada en esta matriz, ocupando aquella situación que mejor refleje la etapa

[2] Véase, por ejemplo, Abernathy y Towsend (1975) o Abernathy y Utterback (1975).

en que se encuentra el producto y el proceso productivo que se haya elegido para su fabricación. Así, una imprenta comercial, en la que cada encargo reviste alguna peculiaridad y se suele emplear una configuración productiva de **taller** por ser la más eficaz para atender a esta variedad, se sitúa en la esquina superior izquierda. En este taller, los encargos van llegando aleatoriamente y las operaciones a desarrollar en cada caso presentan una alta diversidad, por lo que los equipos tienden a ser de tipo universal y rara vez suele aprovecharse el cien por cien de su capacidad. Los operarios reúnen una amplia gama de destrezas y es habitual que el tiempo requerido para concluir un pedido supere con creces el necesario para terminar las tareas; ello se debe a la longitud del período de tiempo que el trabajo en curso emplea en sus desplazamientos entre las diferentes secciones del taller.

Un poco más abajo y a la derecha, Hayes y Wheelwright sitúan el caso de una planta de maquinaria pesada, para la cual la Dirección ha elegido una configuración productiva de tipo ***batch***. Aunque esta planta puede producir una variedad relativamente alta de productos (siempre hay clientes que solicitan una máquina con unas condiciones particulares) la búsqueda de economías de escala lleva a que se ofrezca un número limitado de versiones básicas, de las cuales se pueden conseguir un cierto número de opciones distintas. Con ello se produce un desplazamiento desde una configuración de talleres a una incipiente configuración por líneas, en la que los lotes de cada modelo van moviéndose entre las diferentes estaciones de trabajo e, incluso, a través de una línea de montaje diseñada para un bajo volumen de producción. Siguiendo la diagonal de la matriz, un poco más abajo y a la derecha pueden ubicarse, a modo de ejemplos representativos, una fábrica de automóviles o un fabricante de electrodomésticos, entidades que elegirán concentrar su producción en un número muy limitado de modelos que se elaborarán siguiendo un proceso conectado y bastante mecanizado, como es la configuración productiva de **líneas**; esta es la mejor elección, porque este tipo de proceso ajusta las características de la etapa del ciclo de vida del producto a las economías que pueden obtenerse en virtud de un sistema automatizado y estandarizado.

En el extremo inferior derecho de la diagonal se situarían las entidades que produzcan artículos altamente estandarizados, consolidados como bienes básicos (*commodities*) y cuyo proceso es **continuo**. El ejemplo seleccionado por los mencionados autores es una refinería: se trata de operaciones altamente especializadas, inflexibles e intensivas en capital, cuyas desventajas son más que compensadas por los bajos costes variables asociados a los altos volúmenes de producción fabricados.

La esquina superior derecha representaría a aquellas compañías o líneas de productos que podrían elegir una combinación de proceso de talleres para producir un artículo altamente estandarizado, como, por ejemplo, el azúcar. Esta opción es antieconómica, por lo que, en realidad, no debería ser elegida por ninguna empresa; lo mismo puede decirse de la esquina inferior izquierda de la matriz, en la que se emplearía un proceso continuo para elaborar una amplia gama de productos no estandarizados y que tampoco tendría sentido económico alguno.

Como puede apreciarse en la matriz, el *nivel de utilización de los equipos* alcanza los valores máximos en la esquina inferior derecha y los mínimos en la esquina superior izquierda. Este dato resulta de suma utilidad para medir la eficiencia del proceso y para la toma de decisiones sobre la configuración productiva a seleccionar. Aunque desde el punto de vista de la *utilización del capital*, de los *costes de*

materiales y de la *utilización del espacio y eficiencia del montaje* sea recomendable el desplazamiento desde una *configuración por lotes a una continua*, ha de reconocerse que el proceso de cambio suele ser considerablemente costoso; es por ello que la decisión inicial condicionará las posibilidades de transformación futuras. El desplazamiento deberá acometerse siempre que ello contribuya a incrementar la utilización de los equipos sin que crezcan los costes fijos o se destruya la variedad necesaria en la gama de productos; por supuesto, han de darse, además, unas condiciones económico-financieras adecuadas, como, por ejemplo, la suficiencia de flujos netos de caja (*cash-flows*) para hacer frente a las cargas fijas o un riesgo insignificante de descensos en la demanda (Heizer y Render, 1993, página 283).

Las combinaciones representadas por la diagonal de la matriz son las habituales, pero pueden existir empresas que elijan, deliberadamente, apartarse de ella buscando alguna forma de diferenciación (por ejemplo: los pianos gran cola de Yamaha se elaboran siguiendo un proceso de línea de ensamblaje, situación diferente a la que indicaría la diagonal, representada por entidades como Steinway, que emplea una configuración de talleres y, en ocasiones, del tipo *batch*). En estos casos las empresas deben ser plenamente conscientes de las implicaciones de su separación de la matriz y anticiparlas adecuadamente. La diferenciación puede hacer a estas empresas más vulnerables, pues las interrelaciones departamentales se complican; en este sentido, basta imaginar los problemas que pueden surgir en la coordinación de las actividades de Marketing y Fabricación. No obstante, las empresas que consiguen superar estas dificultades pueden conseguir y mantener importantes cuotas de mercado, como ilustra el ejemplo de los relojes Swatch[3]. En otros casos, empresas que ocupan esencialmente situaciones próximas a la esquina superior izquierda (por ejemplo: grandes modistos internacionales) aprovechan el prestigio y reconocimiento alcanzados con sus *productos únicos* para crear nuevas líneas de productos que se sitúan en el extremo opuesto de la diagonal (por ejemplo: cosméticos o perfumes)[4] o en posiciones intermedias, como las *segundas líneas* (por ejemplo: Emporio de Armani, Basic de Adolfo Domínguez)[5].

Si estas dimensiones adicionales se tienen en cuenta al diseñar la planificación estratégica de la empresa, harán que ésta refuerce creativamente su ventaja competitiva y sus competencias organizativas, llegando incluso a favorecer la obtención de estimaciones más precisas sobre los cambios que pueden tener lugar en una industria particular y a considerar las estrategias más oportunas para responder a tales cambios. Por último, proporciona un medio natural para involucrar a los responsables de Operaciones en el proceso de planificación, a fin de lograr una coordinación más eficaz de sus oportunidades y decisiones con las del departamento de Marketing y con las metas de la Organización. Seguidamente nos

[3] Estos relojes suizos, elaborados con precisión artesanal y con diseños exclusivos, pero materiales altamente estandarizados y de bajo coste (algunos de los componentes son fabricados en China), fueron lanzados como artículos «únicos» mediante una excelente campaña publicitaria encaminada a diferenciarlos de los relojes japoneses; se eligió para ello utilizar una red de distribuidores exclusivos, en lugares de acceso restringido (aeropuertos, establecimientos de lujo, etc.) y se fijó un precio alto para un producto estandarizado, pero bajo para un producto artesanal.

[4] Estos artículos, que disfrutan de los bajos costes asociados a la estandarización, automatización y elevados volúmenes de fabricación, pueden ser comercializados a un precio alto, pues la imagen de la marca lo permite.

[5] Estas segundas líneas pueden ser fabricadas siguiendo configuraciones en línea, lo que reduce sensiblemente su coste y posibilita que sean comercializadas a precios inferiores a los de las primeras líneas, pudiendo acceder, por tanto, a un mayor número de clientes.

detendremos a considerar las distintas aplicaciones de la matriz producto-proceso en lo que se refiere al concepto de *ventaja competitiva, repercusiones de la selección de diferentes combinaciones y la organización de las Operaciones.*

5.3.1. La matriz producto-proceso y la ventaja competitiva

Es normal que algunas empresas se consideren superiores a otras en ciertas áreas y que, sin embargo, prefieran no competir con ellas en algunas prácticas, sectores, etcétera; su objetivo es preservar su ventaja competitiva contra los ataques procedentes del exterior o frente a los propios despropósitos internos y explotarla hasta su límite. Cada cierto tiempo, lamentablemente, la Alta Dirección vuelve su vista, de forma casi excluyente, hacia Marketing, olvidándose de sus posibilidades como fabricantes y, cuando esto sucede, sólo tiene en cuenta la parte de la matriz relacionada con las etapas del ciclo de vida de productos y mercados, restringiendo su campo de actividad a alguna de las columnas de dicha matriz.

La ventaja que reúne la consideración conjunta de productos y procesos radica en que ayuda significativamente a las empresas a delimitar con precisión dónde están realmente sus competencias distintivas y a concentrar su atención en un conjunto limitado de decisiones y alternativas de proceso, así como en un restringido grupo de opciones de Marketing; de este modo, el énfasis se concentra en un determinado camino o senda de la matriz, sea éste hacia el proceso o hacia el producto pues, como sugiriera Skinner (1974), limitar el enfoque de las actividades de la empresa y apoyar las actividades del Plan de Operaciones pueden contribuir a incrementar sensiblemente la probabilidad de éxito de ésta. Cuando la firma considera simultáneamente productos y procesos, puede cambiar el modo de definir sus productos.

5.3.2. El posicionamiento en la matriz y las prioridades competitivas

Las prioridades de los responsables de Operaciones cambian conforme se modifican las combinaciones de productos y procesos de la empresa, pues es la interacción entre ambos la que determina las tareas que serán críticas en cada firma o industria; así, en una configuración de talleres, la flexibilidad será el factor clave para hacer frente a los cambios en el volumen de producción y en la demanda de productos, mientras que la mayor estandarización de procesos requerirá una mayor fiabilidad, predictibilidad de la demanda y de las operaciones y costes inferiores. Si la cuestión se enfoca desde el punto de vista del tipo de producto, es fácil imaginar que una entidad que decida competir mediante la calidad o el desarrollo de nuevos productos elegiría un sistema de producción mucho más flexible que el de sus competidores que, con la misma estructura de productos, estén compitiendo en precios.

La posición que elija cada compañía deberá tener en cuenta su orientación tradicional; las orientadas al mercado, que buscan ser capaces de responderle en todo momento, pondrán su énfasis en la flexibilidad y la calidad; las que están más orientadas hacia la fabricación buscarán amoldar el mercado a sus costes o liderazgo en procesos. Las organizaciones que elijan competir desde la esquina superior izquierda tendrán como principales decisiones aquéllas relacionadas con el abandono de un producto o mercado, frente a las que elijan hacerlo desde la esquina inferior derecha, que tendrán que decidir cuándo entrar en un mercado;

en este caso, se puede analizar la evolución del mismo y entrar cuando más convenga, lo que reduce la necesidad de flexibilidad, puesto que los cambios en la naturaleza y demanda de los productos son menos frecuentes durante las últimas etapas de su ciclo de vida. Estas consideraciones sobre la «maestría» en productos y procesos resultan particularmente útiles para seleccionar el ajuste requerido entre ambas dimensiones.

5.3.3. La organización de las Operaciones y la matriz producto-proceso

Si la Dirección presta atención a la estructura de proceso que le aporta una mayor ventaja competitiva, podrá gestionar con mayor acierto las tareas a desarrollar en cada línea de productos. Este es el caso de numerosas empresas que han de resolver el problema de cómo organizar la producción de las piezas de repuesto de sus principales productos; si se incrementa su volumen de producción, se desplazará por la diagonal en sentido descendente, pero la fabricación de dichos items debería mantenerse en la zona superior izquierda, pues la variedad de piezas a fabricar, de demanda relativamente baja, requiere una estructura productiva flexible. Una posible solución a este problema consistiría en mantener una planta diferente para estas piezas o en crear un sección propia dentro de la planta existente, siendo la peor opción no diferenciar la elaboración de repuestos y de productos principales, pues ello supondría ampliar en demasía la gama de productos y procesos y, consiguientemente, reducir la eficiencia y eficacia en ambos tipos de procesos.

La selección de productos y procesos determinará la *naturaleza y tipo de problemas* que habrán de afrontar los responsables de Operaciones; así, el reconocimiento de las repercusiones que tienen los diferentes posicionamientos en la matriz sobre las actividades productivas, llevará a sugerir cambios en las diferentes políticas y procedimientos seguidos por la empresa en la Dirección de sus Operaciones y, en particular, en su sistema de *control* del proceso. Del mismo modo, los sistemas de *medida* empleados para seguir y evaluar el rendimiento del Subsistema de Operaciones deben estar inspirados por el posicionamiento elegido, si se pretende que tales medidas sean útiles y consistentes con las metas y estrategias de la Organización. Este análisis, orientado a las tareas, puede contribuir a evitar que la empresa pierda el control sobre los procesos, situación que suele aparecer cuando se usa el mismo sistema de medición para todos los productos y procesos empresariales y sugiere la importancia de la posesión de diferentes conocimientos y destrezas en la Alta Dirección, acompasados a las principales actividades fabriles y modelos competitivos dominantes de la firma.

En ocasiones, un enfoque muy limitado de las Operaciones puede ser el adecuado para competir en mercados de un único producto. Sin embargo, algunas empresas reúnen las condiciones oportunas para competir con varios productos en distintos mercados, estando unos y otros en diferentes etapas de su ciclo de vida; en este caso, para conseguir un éxito global, las compañías deberían separar y organizar sus instalaciones para satisfacer lo mejor posible las necesidades de cada producto y alcanzar volúmenes de ventas lo suficientemente elevados para hacer competitivas a todas y cada una de las plantas.

Aquellas organizaciones que especializan sus fábricas de acuerdo con las necesidades particulares dictadas por sendas estrechamente delimitadas en la matriz, pueden encontrar serias dificultades organizativas cuando intenten integrar estas unidades en un sistema único, por lo que deberán emprender los ajustes

organizativos oportunos. Así, las empresas que constan de varias plantas orientadas hacia el mercado deberán buscar formas organizativas flexibles, que huyan de la coordinación y control centralizados, mientras que cuando la orientación es hacia el proceso, las opciones más extendidas son la relativa autonomía de cada instalación y la división por etapas del proceso (por ejemplo: fabricación, submontaje, montaje final), coordinados en ambos casos por un *staff* central (Hayes y Schmenner, 1978).

5.4. ESTRATEGIAS DE PROCESO EN LAS ENTIDADES DE SERVICIOS

La **Estrategia de Servicios** comienza con la selección del enfoque competitivo a seguir, lo cual incluye (Chase y Aquilano, 1994, pág. 118): atención adecuada al cliente, rapidez y conveniencia en la entrega del servicio, precio, variedad, calidad de los bienes tangibles y peculiaridades del servicio.

La matriz de productos-procesos que recogimos en la Figura 5.1 es igualmente aplicable a los servicios; así, los hospitales pueden considerarse una configuración productiva orientada hacia procesos, del tipo *Job-Shop* (amplia gama de pacientes con distintas enfermedades y número limitado de pacientes con cada tipo de enfermedad), mientras que una estación de lavado automático de vehículos representaría un proceso en línea (el número de automóviles que se puede lavar es amplio, siempre que éstos se adapten a unos estándares estrictos en cuanto a altura, anchura, ubicación del equipamiento, etc.). Sin embargo, y a diferencia de lo que ocurre en el sector manufacturero, en el que las distintas posiciones en la matriz indican diferentes niveles de utilización de la capacidad, es bastante difícil que éstos puedan ser logrados en las entidades de servicio; ello es debido, entre otras razones, a la aleatoriedad que suele presentarse en la demanda de los mismos.

De la misma manera que existen diferentes configuraciones para los entornos industriales, podemos encontrar distintos tipos de procesos en el sector servicios. Chase y Aquilano (1994, pág. 123) han desarrollado una matriz del **servicio-sistema**, que puede ser utilizada del mismo modo que se emplea la matriz de producto-proceso en la industria (véase Figura 5.2). Las columnas representan el

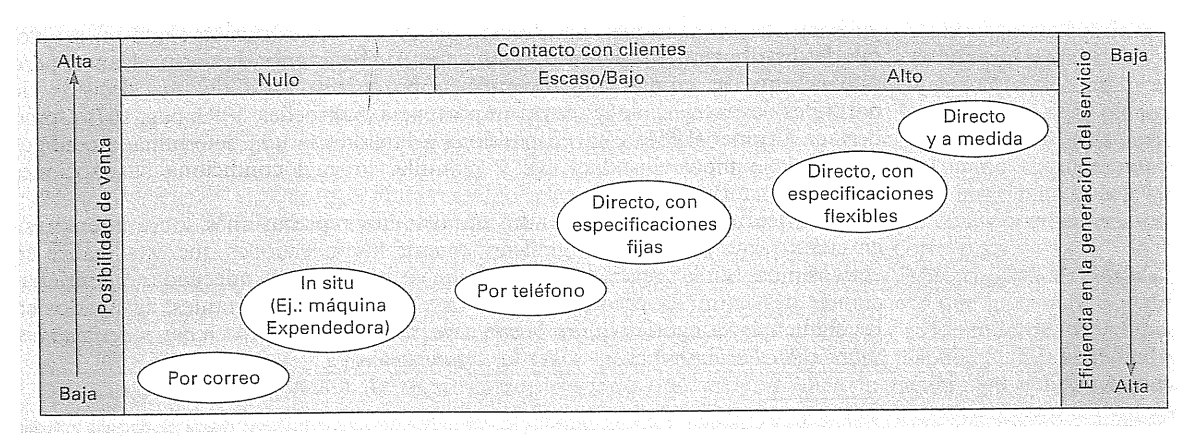


Figura 5.2. La matriz de servicio-sistema de Chase y Aquilano.

nivel de contacto con el cliente y las filas la oportunidad de venta (de mayor a menor) y la eficiencia de la producción (de menor a mayor). Es fácil imaginar que la eficiencia de las operaciones va a ser mayor para niveles de contacto inferiores, pero a costa de un descenso de las oportunidades de venta. La atención frente a frente, dentro del marco de unas especificaciones rígidas, representa el punto en el que tanto las oportunidades de venta como la eficiencia de las operaciones alcanzan sus valores medios. Otra consecuencia lógica, observable en la matriz, es que las variables mencionadas están inversamente relacionadas, hecho que se explica, al menos en parte, por los elevados precios que habría que fijar para los servicios de alto contacto y poca eficiencia productiva.

Esta matriz, al igual que la de producto-proceso, puede ser empleada con **fines estratégicos**, de los cuales, sus autores destacan los siguientes (*Ibídem*, págs. 124 y 125):

- Propicia una mejor integración entre Operaciones y la Estrategia de Marketing.
- Determina con exactitud cuál es la combinación de entrega de servicios que la empresa proporciona realmente.
- Permite establecer comparaciones con otras empresas, ayudando a precisar la ventaja competitiva de cada una de ellas.
- Indica posibles cambios en el ciclo de vida que pudieran ser necesarios para el crecimiento organizativo[6].
- Ayuda a conseguir flexibilidad.

5.5. LA SELECCION DEL PROCESO Y SUS REPERCUSIONES

La **Selección del Proceso** ejerce un efecto a largo plazo sobre la *eficiencia, costes* y *calidad* de los artículos fabricados, por lo que condicionará a una sección importante de la Estrategia de la Empresa. Ello conduce a que, a pesar de que una selección eficaz suele involucrar un gran esfuerzo de tiempo y capacidad analítica, los beneficios derivados de su desarrollo, previo al inicio de la actividad productiva, son muy superiores a los que se alcanzarían si, una vez comenzada la producción, se intentase rediseñar el proceso con la finalidad de remediar los errores del ya existente. En ocasiones, la selección del proceso es estudiada como un problema de distribución en planta o como series de decisiones de corto alcance, pero este enfoque es completamente erróneo porque se trata de una decisión de naturaleza estratégica de la mayor importancia (Schroeder, 1993, pág. 167). Como destaca Skinner (1974), ésta proporciona a la empresa una determinada configuración de equipos, instalaciones y plantilla, lo cual condiciona sus opciones estratégicas futuras.

La selección del proceso tendrá importantes repercusiones sobre la empresa en cuanto que condiciona significativamente las inversiones que ésta realice en activos fijos y en la creación y preparación de una plantilla adecuada. A continuación se destacarán, a grandes rasgos, los efectos más importantes, agrupados en las siguientes categorías: *sobre bienes y servicios, sobre operaciones y actividades, sobre costes e inversiones* y *sobre la organización*[7].

[6] A diferencia de los desplazamientos en la matriz producto-proceso (hacia la derecha y hacia abajo), la evolución en la prestación de servicios puede moverse en cualquier dirección de la diagonal.

[7] Para la elaboración de este epígrafe se ha seguido esencialmente a Hill (1991, páginas 60 a 77).

5.5.1. Repercusiones sobre bienes y servicios

Las configuraciones por **proyectos** y **talleres** suelen ser elegidas cuando se pretende fabricar bienes o servicios que sean «únicos» o por encargo, que compiten en factores como calidad o rapidez y fiabilidad en la entrega, antes que en precios. Las empresas han de estar capacitadas y cualificadas para poder servir estos artículos no estandarizados, por lo que serán esta capacitación y cualificación los factores que ayuden a que la firma «venda».

Las configuraciones **continua** y **en línea** son escogidas cuando se desea elaborar bienes y servicios altamente estandarizados, fabricados para inventario y en los que las innovaciones suelen afectar más a los procesos que a los productos (véase Capítulo 12). Estos últimos competirán básicamente en precios, siendo poco probable que el sistema productivo admita cambios y cuando, ocasionalmente, éstos tienen lugar, suelen afectar a aspectos superficiales, sin incidencia importante sobre la organización de las operaciones (por ejemplo: colorido en prendas de vestir, tiradores y pomos en muebles de cocina). En el caso de que un cliente solicite alguna opción no incluida en el catálogo (por ejemplo: una limusina a rayas rosas y verdes), ésta se fabricará fuera del ritmo normal de la planta.

Los procesos del tipo ***batch*** ocupan la situación intermedia; conforme aumenta la estandarización y el volumen de los artículos producidos, la competencia en precios va ganando importancia, lo cual conduce a su vez a la reducción de su flexibilidad en productos y procesos, llevando a la planta a distanciarse de los mercados de pedidos de pequeño tamaño. Este sería el caso de los fabricantes de componentes de automóviles, proveedores de bienes fungibles para la Administración, etc.

5.5.2. Repercusiones sobre las operaciones

En los entornos de fabricación por **proyectos** y **talleres** las tareas a desarrollar serán variables y, en ocasiones, difíciles de prever *a priori*; el proceso de transformación será flexible, con numerosos lanzamientos, maquinaria de uso general y una mano de obra polivalente. La mayor preocupación de los responsables de Operaciones será *la utilización eficiente de la plantilla*, asumiéndose la infrautilización de los equipos. Los aspectos relevantes cambian cuando nos encontramos ante las **líneas** y **flujos continuos**, entornos en los que los volúmenes de fabricación son elevados y los productos están muy estandarizados. Puesto que se compite en precios, las tareas estarán altamente estructuradas y bien definidas y las plantas completamente dedicadas al producto, buscando el tiempo de proceso más corto posible y la mayor utilización permisible de los equipos. Cuando se quiere introducir algún cambio relevante en la capacidad, con efectos a largo plazo, suele ser necesario invertir en una nueva instalación, pues el diseño de las operaciones sólo permite que se puedan añadir cambios pequeños y a corto plazo.

El control de las operaciones en relación a *actividades, capacidad y calidad*, muestra claras diferencias en función del tipo de proceso que haya sido elegido. En los **proyectos** y **talleres**, la diversidad de las tareas y la longitud de los tiempos de proceso conducen a la variabilidad de la capacidad disponible. Las actividades han de organizarse de modo que proporcionen la flexibilidad suficiente para hacer frente a las variaciones de la demanda y retener un mayor grado de control sobre el calendario de entregas. La *complejidad de las tareas y su control* estará determinada por la amplitud del contenido de los trabajos; el control de calidad

será llevado a cabo por el operario y en algunos otros puntos suplementarios. Por último, la productividad es más difícil de calcular, dada la complejidad inherente a la estimación de los *inputs* consumidos en la generación del bien o servicio.

La medición y control en las **líneas** y **configuraciones continuas** es mucho más sencilla; el contenido de las tareas es más reducido y el control de calidad está diseñado para actuar dentro de las operaciones normales de proceso. La capacidad se determina en función de la estandarización de los bienes o servicios, lo que facilita su control. Aunque la mayoría de las tareas cuentan con un emplazamiento físico concreto para su ejecución, es posible que algunas de ellas se realicen fuera del flujo de trabajo, como es el caso de las empresas que operan en entornos de líneas, en los que los **módulos** pueden haberse fabricado en otra planta de la empresa o haberse adquirido del exterior (por ejemplo: espejos retrovisores de los automóviles, baterías de los ordenadores portátiles).

La fabricación *batch* ofrece diversas posibilidades; es posible que los progresivos aumentos de volumen sean tratados dentro de procesos en línea a pequeña escala, lo que hace que, durante períodos de tiempo de diferente duración, la planta esté orientada a productos, en lugar de a procesos. Esta flexibilidad, esto es, la posibilidad de operar con un enfoque de productos o de procesos, redunda en un incremento de la complejidad de las tareas de control, claramente condicionada por el tipo de tecnología empleada (véase Capítulo 10).

5.5.3. Repercusiones sobre inversiones y costes

En las configuraciones **por proyectos** el desembolso inicial de capital puede variar desde valores muy reducidos (por ejemplo: adquisición de una impresora para la edición en color por una empresa de Consultoría que ha de atender un encargo especial), hasta cifras muy elevadas (por ejemplo: adquisición de maquinaria para el rastreo de buques hundidos). Dentro de esta variedad, la dimensión de la empresa desempeña un papel esencial, en cuanto que amplía su capacidad para conseguir contratos y subcontratar posteriormente parte de éstos, lo que reduciría su necesidad de mantener fuertes inmovilizaciones (por ejemplo: la mayor parte de los proyectos de la Expo'92 fue adjudicada a las principales empresas constructoras nacionales, las cuales, a su vez, las subcontrataron con las pequeñas y medianas empresas de la región).

Las cuatro configuraciones productivas restantes presentan una relación más homogénea entre la cuantía del desembolso inicial y el tipo de proceso seleccionado. Así, en los **talleres**, la inversión inicial es relativamente baja debido a la naturaleza universal de la maquinaria a emplear para la elaboración de artículos «a la medida»; al aumentar el volumen de producción será importante reducir los costes de proceso mediante la mecanización de las operaciones, por lo que habrá que aumentar las inversiones en equipos y comenzar a descargar de contenido las tareas realizadas manualmente. Adicionalmente, junto a la inversión principal en activo fijo, se acomete una inversión secundaria en activo circulante, a saber, los inventarios. Esta inversión toma diferentes valores y reviste distinta naturaleza según sea el proceso productivo imperante; en **talleres** y **proyectos**, los inventarios de productos terminados y componentes serán inferiores a los que pueden aparecer en **líneas** y en **flujos continuos**[8], puesto que lo habitual es que en el primer caso se trabaje sobre pedido y en el segundo para inventario, si bien la situación inversa será la habitual cuando nos referimos a los inventarios de producción en curso. En el caso de la fabricación ***batch***, los altos inventarios de producción en curso son aún mayores que en los talleres debido a los superiores volúmenes de fabricación y a la necesidad de desacoplar las operaciones. Asimismo, conviene recordar que conforme aumenta la variedad de productos ofertados crece también el coste unitario de fabricación; si, por ejemplo, se oferta un único producto, de demanda elevada, la configuración orientada a productos es la adecuada porque los costes de producción serán bajos, aunque esto se conseguirá a costa de la rigidez del proceso y de la extremada dificultad para cambiar la oferta de productos.

[8] El nivel de stocks en estas configuraciones está disminuyendo en la actualidad, como puede observarse en el Capítulo 2 o en J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulos 6 y 7).

Las principales variables de decisión a considerar durante la selección de las ofertas específicas de maquinaria de cada uno de estos tipos se han recogido en el Cuadro 5.2 (elaborado a partir de Chase y Aquilano, 1994, pág. 72).

Cuadro 5.2. Variables a considerar durante la selección de los equipos

Variable a analizar	Factores a tener en cuenta	Variable a analizar	Factores a tener en cuenta
∘ Desembolso inicial.	∘ Precio. ∘ Fabricante. ∘ Disponibilidad del modelo. ∘ Necesidad de elementos complementarios.	∘ Tasa de producción.	∘ Capacidad necesaria *versus* capacidad disponible.
∘ Calidad del producto.	∘ Consistencia para alcanzar las especificaciones. ∘ Tasa de desperdicios.	∘ Requisitos operativos.	∘ Facilidad de uso. ∘ Seguridad. ∘ Efecto de los factores humanos.
∘ Requisitos de la mano de obra.	∘ Proporción entre mano de obra directa e indirecta.	∘ Flexibilidad.	∘ Equipos dedicados *versus* equipos de propósito general. ∘ Herramientas especiales.
∘ Requisitos para la preparación de las máquinas.	∘ Complejidad. ∘ Velocidad de cambio.	∘ Mantenimiento.	∘ Frecuencia. ∘ Complejidad. ∘ Disponibilidad de partes.
∘ Obsolescencia.	∘ Estado de la tecnología. ∘ Modificaciones para adaptarse a otras situaciones.	∘ Inventario en curso.	∘ Tiempo en inventario. ∘ Necesidad de emplear inventarios de seguridad.
∘ Repercusión sobre la planta en su conjunto.	∘ Conexiones con los sistemas existentes o previstos. ∘ Actividades de control. ∘ Ajuste con la Estrategia de Operaciones.		

Entre las técnicas utilizadas con mayor asiduidad para efectuar la selección de los procesos productivos atendiendo a sus costes e inversiones, citaremos el análisis del punto muerto, los árboles de decisión, el Valor Capital (VAN), la Tasa de Rendimiento Interno (TIR), el plazo de recuperación, etc. (véase Anexo a Parte II).

5.5.4. Repercusiones sobre la organización

Las configuraciones productivas de **proyectos** y **talleres** demandan unas estructuras organizativas descentralizadas, en las que el *input* organizativo más importante es el dominio del conocimiento tecnológico. Ello obedece al contexto en el que operan estas configuraciones: tendencia a la singularidad de las tareas, variabilidad de las operaciones, procesos flexibles, pedidos pequeños y lazos estrechos con un reducido número de clientes, junto a relaciones normalmente informales y a largo plazo con proveedores. Los responsables de Operaciones de estas entidades deben estar preparados para actuar como expertos en las áreas de tecnologías de procesos y su formación ha de habilitarlos para dominar las tecnologías adecuadas, contando con que será poco frecuente que estas empresas contraten o acudan a especialistas externos que proporcionen asesoramiento. En relación a la plantilla, está debe estar altamente cualificada y ser lo más flexible posible en su capacidad para atender demandas variables.

Si nos situamos en entornos de fabricación **en línea** o **continua** las características mencionadas tenderán a mostrar la situación inversa. El estricto control de costes lleva a tareas altamente estandarizadas, especialmente adecuadas para que se ejerza sobre ellas un control de estilo burocrático y centralizado. La infraestructura productiva variará en función de que se trate de líneas o flujos continuos, pues en las primeras la participación de la plantilla es superior a la de los segundos, conduciendo también a un distinto tipo de control de la actividad; en la **línea** se conoce con detalle la tecnología necesaria para elaborar los bienes o servicios, por lo que cuando se necesite apoyo o asesoramiento técnico, éste se buscará en el ámbito de los servicios especializados de apoyo. Como se puede apreciar, las inversiones efectuadas para descargar el contenido manual de las tareas conducen a mayores riesgos en la dirección y gestión del proceso, motivados, en parte, por el poco atractivo que reúnen las tareas, que puede conducir a reducciones de la consistencia en la calidad, pérdidas de tiempo de trabajo (por absentismo, rotación, etc.), disminución del efecto aprendizaje, etc. En el **flujo continuo** el proceso tiene un fuerte componente tecnológico, dada la alta automatización que suele encontrarse en estos entornos, por lo que el personal tendrá que poseer un amplio conocimiento de la misma, existiendo siempre la posibilidad de ocupar posiciones diversas en las plantas porque las personas no están atadas al proceso.

Una vez más, la fabricación ***batch*** se sitúa en un lugar intermedio; cuanto menores sean los tamaños de los lotes, mayor afinidad se observará con los talleres y, cuanto mayores sean éstos, mayores serán las semejanzas con las líneas.

5.6. EL DISEÑO DEL PROCESO

El **Diseño del Proceso** consiste en *la selección de los inputs, operaciones, flujos de trabajo y métodos para la producción de bienes y servicios.* La selección de los *inputs* comprende la elección de las combinaciones deseables de destrezas humanas, materias primas y equipos, que sean consistentes con la estrategia de posicionamiento de la empresa y con su habilidad y capacidad para conseguir estos recursos. Los responsables de Operaciones deben decidir qué y cuántas operaciones serán realizadas por las personas y por las máquinas, así como la forma en que ambas se emplearán conjuntamente. Las decisiones sobre el diseño o rediseño del proceso se toman cuando (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 118):

- Se pretende ofrecer un bien o servicio nuevo o substancialmente modificado.
- Cambian las prioridades competitivas.
- Cambia el volumen de la demanda de un bien o servicio.
- El rendimiento actual del sistema es inadecuado.
- Los competidores están logrando mejores resultados utilizando un proceso diferente o surge una nueva tecnología disponible.
- Cambia el coste o la disponibilidad de los *inputs.*

No todas las situaciones anteriores conducen forzosamente a un cambio del proceso existente, pues, a veces, el coste del cambio no compensa los posibles beneficios a obtener; tanto si se efectúan o no modificaciones, el diseño del proceso debe tener en cuenta las alternativas relacionadas con el diseño del bien o servicio (véase Capítulo 4), la calidad (véase J.A.D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 12 y 13), la capacidad (véase Capítulo 7) o la distribución en planta (véase Capítulo 9). Otros aspectos que afectan al diseño del proceso son la etapa del ciclo de vida en que se encuentre el producto que va a ser fabricado, las prioridades competitivas de la empresa y su estrategia de posicionamiento. El Cuadro 5.3 (elaborado a partir de Gaither, 1992, pág. 127) ilustra los elementos que intervienen en la planificación y diseño del proceso, sus *inputs* y *outputs.*

El conocimiento de la Estrategia de Operaciones, de las tecnologías productivas y de los mercados, será utilizado para desarrollar un estudio detallado sobre cómo han de elaborarse los bienes y servicios. Los resultados de este estudio deben constituir una detenida descripción de los diferentes pasos y tecnologías a emplear, así como de los vínculos existentes entre ellos, los equipos a seleccionar, el diseño y distribución en planta de las instalaciones y las características de la plantilla a contratar. La finalización del diseño del proceso caracteriza y define la estructura fundamental de la Función de Operaciones. Los responsables de elaborarlo suelen ser las Ingenierías de Fabricación, Planta y Herramientas, el departamento de Compras, las Ingenierías Industrial y de Diseño y, por supuesto, Producción. La alta presencia de los ingenieros se deriva directamente de la estrecha relación existente entre la tecnología de producción y la naturaleza de la Planificación y Diseño del Proceso.

La mayor o menor complejidad del proceso productivo estará influenciada por la estructura de los productos y la homogeneidad del contenido del trabajo de aquéllos que comparten un mismo recurso productivo; por lo que respecta a la **estructura del producto**, se pueden distinguir **tres categorías** genéricas: el **producto estandarizado**, que se fabrica de acuerdo con el diseño y especificaciones dictados por la empresa y, consiguientemente, provoca un alto grado de homogeneidad entre los bienes o servicios (por ejemplo: líquidos de conservación y limpieza de lentes de contacto), el **producto estándar con varias o muchas opciones «personalizadas»** (por ejemplo: gama de colores de las lentes de contacto) y el **producto a la medida**, que suele estar especificado y diseñado por el propio cliente (por ejemplo: graduación de las lentes de contacto).

En relación a la **homogeneidad del contenido del trabajo**, aspecto crucial para efectuar la programación de las actividades (véanse Capítulo 6 y J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 9), podemos considerar tres situaciones: **homogeneidad alta o muy alta**, que suele presentarse en entornos

Cuadro 5.3. El Sistema de Planificación y Diseño del Proceso Productivo

Inputs	Planificación y diseño del proceso		*Outputs*
1. *Información sobre Bienes y Servicios.* ∘ Demanda. ∘ Precios/volúmenes. ∘ Tendencias. ∘ Entorno competitivo. ∘ Deseos y necesidades de los clientes. ∘ Características deseadas para los productos. 2. *Información sobre el Sistema Productivo.* ∘ Disponibilidad de recursos. ∘ Economías de producción. ∘ Tecnologías conocidas. ∘ Tecnologías que se pueden adquirir. ∘ Fortalezas. ∘ Debilidades. 3. *Estrategia de Operaciones.* ∘ Estrategias de posicionamiento. ∘ Armas competitivas necesarias. ∘ Asignación de recursos. ∘ Enfoque de las plantas.	1. *Selección del tipo de proceso.* ∘ Coordinado con las estrategias. 2. *Estudios de Integración Vertical.* ∘ Capacidad de los proveedores. ∘ Decisiones de adquisición. ∘ Decisiones de fabricar o comprar. 3. *Estudios de Productos/Procesos.* ∘ Pasos tecnológicos principales y secundarios. ∘ Simplificación de productos. ∘ Estandarización de productos.	4. *Estudios sobre equipos.* ∘ Nivel de automatización. ∘ Conexiones entre máquinas. ∘ Selección de equipos. ∘ Selección de herramientas. 5. *Estudios sobre procedimientos productivos.* ∘ Secuencia de fabricación. ∘ Especificaciones de materiales. ∘ Necesidad de personal. 6. *Estudios sobre instalaciones.* ∘ Diseños de construcciones. ∘ Distribución en planta.	1. *Procesos Tecnológicos.* ∘ Diseño de procesos específicos. ∘ Vínculos entre procesos. 2. *Instalaciones.* ∘ Diseño del edificio. ∘ Distribución en Planta. ∘ Selección de equipo. 3. *Estimaciones sobre necesidades de personal.* ∘ Necesidades de destrezas. ∘ Tamaño de la plantilla. ∘ Necesidades de formación y readiestramiento. ∘ Necesidades de supervisión.

de un volumen de producción estable y alto y tiempos de fabricación reducidos (por ejemplo: bombillas), **homogeneidad media**, situación relativamente habitual en configuraciones productivas por lotes (por ejemplo: espiches o tacos de distinto diámetro y longitud) y **homogeneidad baja**, asociada habitualmente a los procesos a la medida o talleres, en los que se llevan a cabo numerosos trabajos diferentes de acuerdo con la naturaleza de las especificaciones de los clientes (por ejemplo: salón de belleza, asesoría de informática de sistemas).

Además de considerar los factores descritos anteriormente, el Diseño del Proceso ha de tener presente el **análisis cuidadoso y detenido de cada proceso**, en el que se ha de llevar a cabo un *estudio sistemático y detallado de todas las actividades y flujos que lo componen con el propósito de lograr su mejora* (véase Capítulo 6). Este resulta especialmente provechoso cuando en el proceso concurren todas o alguna de las circunstancias siguientes (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 129): es un cuello de botella, consume mucho tiempo, desperdicia una gran cantidad de materiales, las condiciones de trabajo son peligrosas o desagradables, requiere importantes y frecuentes desplazamientos físicos.

Las decisiones sobre diseño del proceso afectan a la productividad porque predeterminan en gran medida el valor que pueda alcanzar el ratio *input/output*;

no obstante, han de tomarse de forma continuada, especialmente en un entorno cambiante[9], lo que supone la evaluación de todas aquellas acciones que puedan ser emprendidas para mejorar dicho ratio a lo largo del tiempo. Las principales consideraciones a efectuar (*eficacia, eficiencia, capacidad, tiempo de suministro, flexibilidad*, etc.) están tan interrelacionadas que las modificaciones del proceso encaminadas a variar alguna de ellas alterarán las restantes. La consecución del equilibrio entre los factores señalados suele ser compleja y los distintos equilibrios parciales que se puedan conseguir afectarán al sistema en su conjunto.

En el caso de las **entidades de servicios**, podemos definir una **matriz complejidad-singularidad** para caracterizar sus rasgos y necesidades. El Cuadro 5.4 (elaborado a partir de Dilworth, 1992, pág. 518) engloba distintas actividades, agrupadas en función de las dos variables señaladas. La **complejidad** representa las destrezas o la inversión en capital que posee la firma en relación a las que el consumidor podría tener; así, en algunos casos, aunque los clientes pudieran desempeñar las mismas actividades que las empresas, les resultaría más costoso o emplearían mucho más tiempo, por lo que prefieren que sean aquéllas las que generen los servicios (situación de la derecha de la matriz). En el lado izquierdo se encuentran aquellas actividades que requieren mayores inversiones de capital o conocimientos más especializados, por lo que un cliente «típico» sería incapaz de desarrollarlas por sí mismo. La **singularidad** o **personalización** del servicio puede ser alta (a medida) o baja (estándar), dependiendo del número de clientes que podría utilizarlo (pocos o muy pocos en el primer caso y numerosos en el segundo).

Cuadro 5.4. Matriz de las características de servicio: complejidad-singularidad

		Complejidad del servicio prestado			
		Alta		Baja	
Singularidad	A medida	∘ Optica ∘ Asesor fiscal	∘ Reparaciones ∘ Farmacéutico	∘ Manicura ∘ Jardinería	∘ Mudanza ∘ Limpieza
	Estándar	∘ Universidad ∘ Cines	∘ Correos ∘ Teatros	∘ Autobuses ∘ Reserva de billetes	∘ Recogida de basura

Las empresas de servicios han de prestar una especial **atención a su plantilla**, pues ésta estará en contacto casi permanente con los clientes. Las situadas en el lado derecho de la matriz pueden, normalmente, encargarse de formar a sus empleados, mientras que las del lado izquierdo, que requieren una cualificación y formación profesional intensiva, tendrán que acudir al exterior para la dotación y adiestramiento de su personal. En el cuadrante superior izquierdo, una gran parte de los servicios se caracteriza por su fuerte contenido en asesoría y resolución de problemas, por lo que los empleados deben ser capaces de reconocer con prontitud y precisión las condiciones del servicio y las soluciones requeridas. Las

[9] En un entorno de cambio constante, el proceso de transformación ha de ser rediseñado continuamente para hacer frente a las demandas variables y cambiantes, a los nuevos productos y servicios, a aspectos legales y avances tecnológicos continuados. La incorporación de robots, los descensos de la productividad, la escasez de materiales o la carencia de recursos energéticos son algunos ejemplos de los cambios que, desde la década de los ochenta, han forzado a las empresas a reconocer la necesidad de ajustar sus operaciones (Meredith, 1992, págs. 243 y 244).

empresas del cuadrante inferior izquierdo habrán de acometer importantes inversiones en equipos y mantener debidamente actualizados los conocimientos y habilidades del personal. Los elevados desembolsos por uno y otro motivo son compensados por la existencia de las economías de escala permitidas por la estandarización del servicio.

Otro aspecto particular de los servicios, que influye en el diseño de sus procesos, es su **limitada capacidad para ser almacenados**. Algunos de ellos, como, por ejemplo, la actividad comercial, pueden ser «divididos» en dos partes: la que admite el almacenado (como es el caso del aprovisionamiento del local, empaquetado de algunas mercancías, colocación en los lineales) y la que difícilmente podría almacenarse (como es el acto de transferir la propiedad sobre el bien adquirido). En otros casos, no existe posibilidad alguna de almacenar el servicio, con lo que la capacidad de la entidad se pierde por cada servicio no prestado (por ejemplo: cada vez que un tren circula con ocupación media, la mitad de la capacidad se pierde y no puede ser utilizada en un trayecto posterior; así, los fines de semana, con mayor demanda de plazas, RENFE tiene que poner más AVEs en circulación, mientras que durante los días laborables, no sólo se reduce la flota de trenes, sino que, además, se restringe el horario).

Las razones anteriores indican claramente la **relevancia** que tiene la **estimación adecuada de la demanda** para estas entidades; no sólo será importante conocer cuántos posibles clientes habrá que atender, sino también el patrón de la demanda a lo largo del tiempo. Suponiendo que se contase con pronósticos adecuados, existen diferentes actuaciones para *adecuar la capacidad a la demanda* y, en particular, para *influenciar esta última con el objetivo de lograr el mayor aprovechamiento posible de aquélla* (Dilworth, 1992, págs. 525-528) (véase Cuadro 5.5).

5.7. FACTORES CONDICIONANTES DEL DISEÑO DEL PROCESO

Los principales factores condicionantes del diseño del proceso, tanto en entidades fabriles como de servicios, son diversos, abordándose a continuación los considerados fundamentales.

5.7.1. La intensidad de capital

La **intensidad de capital** hace referencia a la combinación de equipos y medios humanos del proceso productivo. Cada vez que se diseña o rediseña un proceso, el responsable de Operaciones ha de seleccionar las tareas que se desarrollarán manualmente y aquellas otras que se llevarán a cabo mecánicamente; las nuevas tecnologías de fabricación (véanse Capítulos 10 y 11) amplían el abanico de opciones disponibles. Cuanto mayor sea el conjunto de operaciones mecanizadas o automatizadas frente al de las manuales, mayor será la intensidad de capital necesaria. Algunos equipos pueden irse adquiriendo escalonada y gradualmente, permitiendo que sus usuarios puedan comenzar a emplearlos sin necesidad de efectuar importantes desembolsos iniciales y verse sujetos a altos niveles de riesgo; sin embargo, son numerosas las opciones tecnológicas que implican la adquisición de equipos complejos y costosos y que, consiguientemente, exponen a las empresas a riesgos considerables y elevadas inversiones de capital.

Cuadro 5.5. Actuaciones para incidir sobre la demanda y para ajustar la capacidad a patrones de demanda no uniforme

Estrategias para actuar sobre la demanda
Mantenimiento de un horario fijo. Especialmente adecuada para algunas empresas situadas en la esquina inferior izquierda.
Empleo de un sistema de cita previa. Una buena parte de los servicios que ocupan la parte superior de la matriz pueden ser concertados con antelación, como las citas médicas o las visitas de los viajantes de comercio.
Incentivos económicos para los períodos de baja demanda. Esta estrategia está muy extendida, siendo aplicada por hoteles, restaurantes, compañías telefónicas, aparcamientos vigilados, etc.
Estrategias para ajustar la capacidad a una demanda no uniforme
Turnos de trabajo discontinuos. La amplitud del turno de trabajo y el número de éstos pueden modificarse en función de la demanda (por ejemplo: día de Reyes en un gran centro comercial).
El cliente selecciona el nivel de servicio deseado. Por ejemplo: casi todos los países ofrecen diversidad en el servicio de Correos (urgente, certificado, normal, etc.) para que sean los clientes los que indiquen qué tipo prefieren.
Empleo a tiempo parcial y subcontratación. Numerosas entidades de servicios (comercio y hostelería, especialmente), acuden a estas modalidades para ajustar temporalmente su capacidad, actuando en unos casos como subcontratistas y en otros como contratistas, como empleadores o como empleados.
Plantilla polivalente flotante. Hospitales, grandes superficies, sucursales bancarias, etc., emplean con frecuencia esta opción.
El cliente se sirve (autoservicio). Este es el caso de algunas gasolineras, sección de frutería de supermercados, máquinas expendedoras de tabaco, cajeros electrónicos, etc.
Búsqueda de similitud con la línea de montaje. Esta estrategia puede desarrollarse en entidades en las que el contacto con el cliente sea muy bajo y permita que parte de las operaciones sean preparadas con antelación para ser posteriormente «ensambladas» ante cada solicitud de los clientes.
Búsqueda de equilibrio entre capacidad y retraso en el servicio. La teoría de colas (véase Anexo a Parte II) proporciona soluciones a este problema.

5.7.2. La flexibilidad

De la **flexibilidad** del Subsistema de Operaciones dependerá la facilidad con que equipos y operarios puedan manejar una amplia variedad de productos, niveles de *outputs*, responsabilidades y funciones, a un coste y en un tiempo razonables. En el Apartado 3.4.4 se aludió a la flexibilidad y sus distintos tipos, destacándose ésta como ventaja competitiva. Las decisiones de los responsables de Operaciones en relación a empleados, instalaciones y equipos determinan el nivel de flexibilidad de los recursos; así, si los planes de producción recogen un corto ciclo de vida para el producto o servicio y que será conveniente contar con una cierta amplitud en la gama, los equipos a utilizar deberán ser de tipo universal y los empleados deberán ser capaces de ejecutar un amplia variedad de operaciones y asumir diferentes y cambiantes responsabilidades.

Hasta muy recientemente, la relación entre intensidad de capital y flexibilidad ha sido inversa, esto es, la repetitividad de la producción tenía que ser alta (y, por tanto, la flexibilidad en recursos era baja) para lograr economías de escala; las nuevas tecnologías son intensivas en capital, pero ofrecen una flexibilidad superior a la de los entornos convencionales (véase Capítulo 10), en los cuales la eficiencia es lograda mediante la asignación de equipos dedicados a la fabricación de una estrecha gama de bienes o servicios, por lo que su volumen de ventas ha de

ser bastante elevado (situación poco o nada habitual si debe existir flexibilidad en productos) para superar el punto muerto (véase Anexo a Parte II).

La flexibilidad afecta significativamente al tipo de operarios a emplear, así como a la estabilidad de la plantilla. Los responsables de Operaciones han de decidir la conveniencia de disponer de una **plantilla flexible**, capaz de ejecutar numerosas tareas (bien en su centro de trabajo habitual, bien en otros), teniendo en cuenta que ésta tiene un coste, derivado de las mayores necesidades de formación y adiestramiento del personal. Frente a este inconveniente se encuentra la posible obtención de importantes beneficios; Ritzman y otros (1984) demuestran que la flexibilidad de la plantilla supone uno de los mejores modos de conseguir un servicio a clientes fiable y consistente y contribuye a reducir la frecuencia de aparición de los cuellos de botella. Indican que la flexibilidad de los recursos es un factor crítico en las estrategias de posicionamiento orientadas a los procesos, en cuanto que ayuda a absorber los posibles picos de capacidad ociosa que se forman en algunas ocasiones. En algunos casos se renuncia a esta flexibilidad en busca de un menor tiempo de respuesta y una mayor economicidad (por ejemplo: el buque-hospital ruso anclado en Gibraltar, especializado en operaciones quirúrgicas de oftalmología, en el que se trabaja en un entorno de operaciones en línea (véase Apartado 5.2.2.2), frente a los centros de oftalmología convencionales, que siguen un proceso *job-shop* (véase Apartado 5.2.2.1)). Por lo que respecta a la estabilidad de la plantilla, lo habitual, aunque pueden existir excepciones, es que las empresas que trabajan por proyectos o bajo pedido presenten una mayor variabilidad que las que producen en entornos continuos o en línea (véase Apartado 5.2).

5.7.3. Integración vertical

La **integración vertical** alude al grado en que el propio Subsistema de Operaciones de una compañía se hace cargo de la cadena de aprovisionamiento, desde las materias primas hasta el consumidor o usuario final; cuanto mayor sea su implicación en esta cadena, mayor será el grado de integración vertical. Las empresas pueden seguir diferentes estrategias para aprovisionarse, de tal forma que la mayoría suele comprar algunos de los *inputs* de sus procesos de producción, sean éstos materias primas, componentes, servicios profesionales, etc. La observación de la cadena de aprovisionamiento permite a la Dirección determinar el nivel y tipo de integración vertical más deseable; son recomendables niveles elevados de la misma cuando los volúmenes de fabricación son altos y la especialización en las tareas y la alta repetibilidad conducen a niveles superiores de eficiencia. En estos casos suele ser habitual que las compañías intenten lograr la **integración hacia atrás**, que representa el movimiento hacia las fuentes de las materias primas, componentes, etc. La **integración hacia adelante** representa el control de la organización sobre los canales de distribución.

La integración hacia atrás se relaciona con **la decisión de fabricar o comprar**; el responsable de Operaciones ha de estudiar los pros y los contras de las dos opciones, para lo cual puede recurrir, entre otras técnicas, al análisis del punto muerto, modificando ligeramente las hipótesis de partida pues, en este caso, lo que se persigue es que la decisión no afecte a los ingresos y, por ello, más que identificar la cantidad en que los ingresos y costes totales se igualan, lo que se busca es la cantidad para la cual el coste de fabricación iguala al de compra,

teniendo en cuenta que esta última opción puede no implicar un coste fijo. Los factores cualitativos son también importantes, por lo que se debe prestar una especial atención a la sensibilidad de los clientes.

Cuando una empresa considera la posibilidad de aumentar su integración vertical debe estudiar también si es más interesante **poseer o alquilar** los equipos e instalaciones necesarios. El **alquiler** suele ser recomendable cuando se quieren producir bienes o servicios sujetos a frecuentes cambios en la tecnología utilizada para su elaboración, a entregas frecuentes o en aquellos casos en los que el alquiler se haya convertido en la norma habitual, como ocurre con las máquinas fotocopiadoras; también es la situación habitual cuando la necesidad de equipos es temporal, como es el caso de los proyectos (véase Apartado 5.4.1). En algunas entidades se utiliza la subcontratación de servicios como limpieza, seguridad, mantenimiento, etc., pues, generalmente, es más barato y ofrece una mayor calidad que el mantenimiento de una plantilla propia; otro motivo puede ser que no exista una razón suficientemente importante como para que la organización desee crear y mantener esta plantilla (por ejemplo: servicios de limpieza en los hospitales, servicios de mantenimiento de equipos informáticos en centros de investigación).

La integración vertical puede reducir la flexibilidad, pues una amplia inversión en plantas y equipos puede no ser reversible. Las estrategias que persiguen una mayor simplificación y flexibilidad, junto a una reducción del tiempo de entrega a clientes y un incremento de la calidad, incluyen la peculiaridad de fomentar la subcontratación de todos aquellos procesos que no sean esenciales para la integridad del producto final. En este sentido, cada vez es más numeroso el grupo de empresas que se concentran prioritariamente en las labores de montaje o ensamblado (por ejemplo: el grupo Zara) o, incluso, en el caso de que se trate de productos específicos para un segmento o nicho del mercado, en la «personalización» de productos en masa adquiridos a algún proveedor (zapatos forrados en tela, corbatas de seda pintadas a mano, camisas con las iniciales bordadas, etc.). Para aquellos procesos que siguen bajo el control de la empresa, el enfoque que se sigue es el de crear departamentos especializados en el procesado de familias de artículos, en los que se intentará homogeneizar y equilibrar la tasa de producción de los diferentes procesos discretos (por ejemplo: Comesa, una *joint-venture* de Iveco-Pegaso y ZF, inaugurará próximamente en Barcelona una nueva fábrica de componentes para camión, iniciando su actividad con una producción inicial aproximada de 14.000 cajas de combinación y puentes; estos productos están dedicados a abastecer a Pegaso, Iveco y terceros clientes (*Dinero*, núm. 574, 26/91, 1994, pág. 38)).

5.7.4. Participación del cliente en el proceso

La **participación del cliente** refleja en qué medida y de qué modo éste forma parte del proceso productivo; en los servicios, el **contacto con los clientes** es una variable decisiva. Este puede analizarse desde, al menos, tres puntos de vista: el *autoservicio*, la *selección de productos* y el *tiempo y ubicación*. Por lo que respecta al **autoservicio**, algunos clientes prefieren realizar parte del proceso que normalmente ejecuta el proveedor y lograr así algún ahorro. Esta opción suele ser empleada por numerosos minoristas, especialmente en aquellos sectores en los que se compite en precios. También algunas empresas fabriles acuden a esta fórmula en

cuanto que les permite reducir sus costes de fabricación, envío, inventario y pérdidas y roturas (por ejemplo: artículos de bricolage). Las empresas que compiten mediante la flexibilidad en productos suelen permitir que sus clientes efectúen la **selección** de éstos, aporten sus propias especificaciones e, incluso, participen en el diseño (por ejemplo: construcción de un chalet, modificación de un piso). El **momento y la localización** de la prestación de un servicio son factores críticos cuando la presencia del cliente sea indispensable, pudiéndose dar diferentes casos; así, en algunas ocasiones, las entidades pueden concertar con los clientes cuándo y dónde se prestará el servicio con anterioridad a que éste se desarrolle (por ejemplo: dentista, notario, radio-taxi), mientras que en otras es imposible la concertación previa pues no se puede determinar con antelación cuándo un determinado servicio va a ser necesario (por ejemplo: bomberos, ambulancias, servicios fúnebres, taxis). Los servicios que implican mayor contacto con el cliente suelen requerir una menor intensidad de capital y una mayor flexibilidad de los recursos que aquellos otros que apenas precisan la participación de sus receptores. La presencia de los clientes suele afectar negativamente al rendimiento del proceso, al impedir que se desarrolle de forma fluida y equilibrada y dificultar el aprendizaje mediante una repetición elevada de la ejecución de las mismas tareas y en las mismas secuencias. Cuanto mayor sea el alejamiento del cliente del proceso, menor será su coste, lo cual puede lograrse mediante la aplicación de distintas tácticas (véase Cuadro 5.6 (elaborado a partir de Heizer y Render, 1993, página 298)).

Cuadro 5.6. Acciones para mejorar el rendimiento del proceso en el sector servicios

Táctica a emplear	Ejemplo
∘ Limitación de la oferta de servicios.	∘ Número prefijado de platos combinados en un restaurante de comidas rápidas.
∘ Personalización en el envío de los productos.	∘ Se personaliza la ruta de los sistemas de transporte de los productos de un supermercado al cliente, en lugar de la oferta de productos.
∘ Estructuración de los servicios para que los clientes acudan al lugar en que se presta el servicio que requieren.	∘ Las diferentes zonas de una sucursal bancaria, como ventanillas, moneda extranjera, apertura de nuevas cuentas, etc.
∘ Autoservicio encaminado a que sea el propio cliente el que recoja la información necesaria para decidir su compra.	∘ Comercios, grandes superficies, etc.
∘ Aislamiento de aquellos servicios que puedan ser automatizados, de modo que los propios clientes puedan desenvolverse solos.	∘ Zonas de lavado automático de vehículos en las gasolineras, cajeros automáticos, máquinas expendedoras de tabaco o bebidas, máquinas expendedoras de billetes para trenes de cercanías, etc.

5.7.5. Naturaleza de la demanda

No puede olvidarse que los procesos productivos han de reunir la capacidad necesaria para atender la demanda de los bienes y servicios que se van a ofertar. La estacionalidad, la tendencia y otras características de aquélla van a condicionar la capacidad necesaria a lo largo del tiempo (véase Capítulo 7). Algunos procesos se pueden ampliar y contraer con más facilidad que otros y la selección definitiva estará afectada por la demanda estimada. Los precios de los bienes y servicios se fijan en los planes corporativos; si éstos son elevados los consumidores tenderán a adquirir menores cantidades y viceversa. La fijación de los precios tiene en cuenta factores como los costes de publicidad, fuerza de ventas, condiciones financieras, servicios proporcionados al cliente, diseños particulares, políticas de inventario y envíos, calidad, etc., además de los relacionados directamente con los planes de producción. Los distintos tipos de procesos productivos proporcionan diferentes combinaciones de ventajas competitivas, por lo que debe haber coordinación en la selección del precio de los productos y en la elección del diseño del proceso (Gaither, 1992, pág. 127).

5.7.6. Nivel de calidad del bien o servicio

La calidad se ha convertido en un arma competitiva de gran magnitud en el entorno empresarial actual (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 11 y 12) y el nivel que se quiera ofrecer afectará directamente a la selección del diseño del proceso productivo; en cada paso del mismo, la calidad del bien o servicio desempeña un papel protagonista y, en un número creciente de empresas, el nivel requerido está directamente relacionado con el grado de automatización del proceso, dado que las máquinas automáticas pueden elaborar productos de una uniformidad elevada y consistente (véase Capítulo 10).

5.7.7. El efecto aprendizaje

Wright (1936) y Rohrbach (1927) estudiaron la industria aeronáutica norteamericana y encontraron que existía una relación entre las horas directas de mano de obra necesarias para la fabricación de cada unidad de producto y el volumen acumulado de producción. Investigaciones posteriores han profundizado en las implicaciones de esta relación y se ha concluido que, para un número considerable de productos e industrias, las horas de mano de obra directa por unidad de producto son una función decreciente del número de unidades de producción acumuladas; más concretamente, el tiempo necesario para la fabricación de una unidad (medido en horas de mano de obra directa) se reduce en un determinado porcentaje cada que vez que se duplica el volumen de producción acumulada. Esta relación decreciente se suele representar utilizando escalas logarítmicas porque se simplifica la estimación de la tasa de aprendizaje a partir de los datos observables y representa con claridad el patrón de reducción del tiempo asociado a la duplicación del *output* acumulado. Ello puede verse en la Figura 5.3, donde se observa, además, cómo el tiempo de proceso unitario disminuye hasta un mínimo, a partir del cual el aprendizaje es prácticamente nulo, punto que se tomará como referencia para el cálculo del tiempo de ejecución de las operaciones (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Apartado 2.A.2).

Las expresiones **función de progreso de la producción** y **curva de experiencia** se han empleado también para describir estas relaciones, si bien suelen referirse al total de costes que generan valor añadido por unidad, en lugar de a las horas de mano de obra directa.

El aprendizaje organizativo y, en particular, el aprendizaje de la gestión, conducen a la adquisición de experiencia en el diseño de productos y procesos, automatización y otras inversiones de capital, así como a cambios en los métodos administrativos o en la plantilla, encaminados a incrementar la eficiencia de las

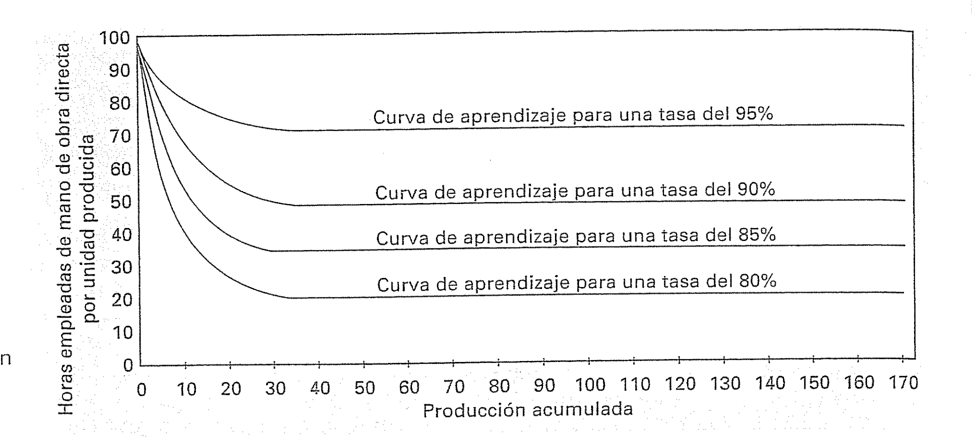


Figura 5.3. Representación de curvas de aprendizaje para distintos valores de la tasa.

operaciones. La mejora en el tiempo de proceso así conseguida puede obedecer al empleo de mejores métodos, herramientas, diseño del producto o supervisión, al mismo tiempo que al propio aprendizaje de los operarios. Estos cambios en el entorno de trabajo crean la necesidad de volver a evaluar continuamente los estándares existentes y de establecer nuevos valores siempre que sea necesario. Las curvas de aprendizaje permiten a los responsables de Operaciones proyectar el coste de fabricación unitario para una cantidad dada de producción acumulada. Las empresas que eligen competir con precios bajos confían en la existencia de altos volúmenes de producción para mantener unos márgenes con beneficios, por lo que se esfuerzan en desplazar hacia abajo su curva de aprendizaje (menos horas de mano de obra directa por unidad, esto es, menores costes unitarios por este motivo) gracias a los aumentos en el volumen de producción, dificultando con ello la entrada de los competidores en el mercado[10].

El Cuadro 5.7, al final de este Apartado, recoge distintos aspectos de interés en relación con la curva de aprendizaje.

5.7.8. La planificación y evaluación financiera

Las empresas han de distribuir eficientemente su presupuesto (que está limitado) entre oportunidades de inversión alternativas. Una parte importante de estas oportunidades proviene de las decisiones que se adopten sobre el proceso productivo; los responsables de Operaciones están buscando continuamente formas diferentes y nuevas de trabajo que, además de mejorar la productividad, se ajusten a la Estrategia de Operaciones y generen ingresos suficientes para hacer frente a la inversión que suponen. La valoración de estas oportunidades, que ha de considerar tanto los beneficios tangibles como los intangibles, se lleva a cabo

[10] En la industria de componentes electrónicos, el coste de desarrollar un circuito integrado es tan elevado, que las primeras unidades fabricadas tienen que ser puestas en el mercado a un alto precio; conforme aumenta el volumen de producción acumulada, caen los costes y los precios de venta. Las compañías que llegan al mercado en primer lugar tienen una gran ventaja, porque los siguientes competidores deben empezar vendiendo su producción a bajos precios y sufrir grandes pérdidas iniciales (ha sido el caso, por ejemplo, de las empresas coreanas). Otros ejemplos son los equipos reproductores de vídeo, hornos microondas, minicadenas de sonido, cuyos precios no han parado de bajar desde el momento en que salieron al mercado.

mediante el empleo de criterios como los mencionados en el Apartado 5.5.3. Cada tipo de proceso plantea diferentes necesidades de capital, por lo que la disponibilidad de recursos financieros y el coste de los mismos podrían determinar decisivamente la selección del proceso.

5.7.9. Relaciones entre los factores condicionantes

La integración vertical y la intensidad de capital se encuentran directamente relacionados, mientras que esta última y la participación del cliente lo están inversamente, no siendo estas relaciones del tipo causa-efecto. La variable subyacente es la **repetitividad de las operaciones**, que depende de aspectos como la fabricación de altos volúmenes, la estandarización de piezas o la baja participación del cliente. El aumento de esta variable crea las condiciones para una mayor automatización (y por tanto mayor intensidad del capital), una menor necesidad de flexibilidad de los anteriores recursos y mayores oportunidades para la integración vertical; se trata, claro está, de tendencias y no de reglas generales.

Cuadro 5.7. Sobre la curva de aprendizaje

A) Acciones que afectan al aprendizaje individual y organizativo[1]

Efectos positivos sobre el aprendizaje individual	Efectos negativos sobre el aprendizaje individual	Efectos positivos sobre el aprendizaje en grupo	Efectos negativos sobre el aprendizaje en grupo
∘ Mejora de las condiciones físicas. ∘ Realimentación (*feed-back*) que ayuda a evitar errores y fomenta la realización de prácticas eficaces. ∘ Monitor que enseñe la técnica. ∘ Motivación e incentivos. ∘ Práctica continuada.	∘ Frustración. ∘ Pérdida de motivación. ∘ Interrupciones y olvidos. ∘ Restricciones impuestas por: — otros compañeros, — reglas del juego, — carencia de recursos, — límites físicos y mentales.	∘ Aprendizaje individual. ∘ Selección y formación de nuevos miembros. ∘ Mejora de métodos. ∘ Mejores equipos y tecnología. ∘ División del trabajo y especialización. ∘ Diseño del producto. ∘ Economías de escala. ∘ Sustitución de materiales y/o capital por mano de obra. ∘ Incentivos y motivación. ∘ Liderazgo.	∘ Descenso en la mejora individual. ∘ Restricciones impuestas por: — disponibilidad de capital, — cambios en productos o mercados, — regulación legal, — reglas y contratos laborales, — inercia, — falta de motivación, — falta de liderazgo.

B) Distintas aplicaciones de la curva de aprendizaje

Las curvas de aprendizaje pueden ser utilizadas para distintos fines, como, por ejemplo, la preparación de costes y presupuestos, la planificación financiera o la estimación de las necesidades de mano de obra. Por lo que respecta a la **preparación de los costes y presupuestos**, el conocimiento de la tasa de aprendizaje, el número de unidades a elaborar y los salarios permiten estimar el coste de mano de obra, a partir del cual, y teniendo en cuenta los restantes costes de fabricación más el beneficio que se desee obtener, se puede fijar el presupuesto. En relación a la **planificación financiera**, las curvas de aprendizaje pueden ayudar a estimar anticipadamente los fondos necesarios para desarrollar la actividad productiva. Estas proporcionan una base para la comparación entre precios y costes, a partir de la cual pueden estimarse aquellos períodos en los que las salidas de fondos excedan a las entradas; el precio contractual se fijaría, total o parcialmente, en función de los costes directos unitarios de mano de obra del conjunto de actividades contratadas. En las primeras etapas del proceso productivo, estos costes directos sobrepasarán el valor medio, mientras que en las últimas ocurrirá lo contrario. Esta información permite al departamento de Finanzas intentar llegar a acuerdos previos con entidades financieras, clientes y proveedores. Dado un determinado Plan de Producción (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 1 y 3), el responsable de Operaciones

[1] A partir de Hayes y Wheelwright (1984, pág. 242).

(continúa en la página siguiente)

puede usar las curvas de aprendizaje para estimar **las necesidades futuras de mano de obra**, así como para estimar las necesidades de contratación y despido, formación, horas extras, etc. El efecto aprendizaje puede ser también empleado para elaborar y desarrollar la **Estrategia de Fabricación**. Abernathy (1978)[2] estudió cómo Henry Ford aplicó este efecto en la fabricación del **modelo** T, encontrando seis elementos explicativos básicos en el enfoque seguido por Ford:

- *Estabilidad de la producción:* se incrementó la estandarización, ralentizándose la frecuencia de introducción de nuevos modelos y empleándose una línea de productos considerablemente más estrecha que la de sus competidores.
- *Especialización de los equipos productivos:* se persiguió la integración vertical y la utilización de los equipos más especializados posibles; la tasa de inversión en bienes de equipo se incrementó, descendiendo significativamente la flexibilidad de los recursos.
- *Racionalización del proceso:* se redujo el tiempo necesario mediante el aumento de la división y especialización en el trabajo y la orientación del proceso hacia una configuración repetitiva.
- *Economías de escala:* se segmentó el proceso para aprovechar éstas y se centralizaron algunas plantas conforme fue aumentando su volumen de producción, a la par que se fueron dividiendo otras para compensar los costes de transporte.
- *Especialización del material:* los mayores niveles de integración vertical y control sobre los proveedores permitieron una reducción de los costes de materia prima; adicionalmente, se encargó a los proveedores la fabricación de piezas y componentes, de manera que se redujeran los costes de proceso del comprador-fabricante[3].
- *Especialización de la mano de obra:* la cada vez mayor racionalización del proceso condujo a una gran especialización de la mano de obra, que permitió alcanzar un importante efecto aprendizaje pero, al mismo tiempo, redundó en una falta de motivación de los trabajadores y en una disminución de su preocupación por obtener productos de una calidad aceptable.

Aunque Ford cosechó importantes éxitos con su estrategia, los beneficios de la curva de aprendizaje y sus efectos sobre los costes fueron pronto sobrepasados cuando aparecieron nuevos modelos en el mercado, como los de General Motors; la rigidez de la línea de producción de Ford impidió que esta empresa pudiera reaccionar en el tiempo suficiente y su posición de liderazgo en el mercado desapareció.

La proyección del efecto aprendizaje a largo plazo puede, no obstante, resultar muy peligrosa; los responsables de las empresas manifiestan una clara tendencia a olvidar con gran facilidad la dinámica del entorno, en el que distintas perturbaciones, como la aparición de nuevos productos o los cambios en los gustos de los consumidores, pueden dar lugar a una alteración de los beneficios que se esperaban obtener con un volumen alto y creciente de producción. Para Hayes y Wheelwright (1984, página 251) el efecto aprendizaje debe ser considerado para el desarrollo de programas de reducción de costes en la elaboración de los presupuestos a largo plazo y de los planes de producción y no para el desarrollo de programas, de carácter táctico y no estratégico, a medio y corto plazo.

C) Estimación de la tasa de aprendizaje y aplicaciones prácticas

Las hipótesis de partida para elaborar una curva de aprendizaje son las siguientes:

- La mano de obra directa necesaria para fabricar la unidad $n + 1$ será siempre inferior a la necesaria para fabricar la unidad n.
- Las necesidades de mano de obra directa disminuirán siguiendo una tasa decreciente conforme aumente la producción acumulada.
- La reducción de tiempo seguirá una curva exponencial.

Estas hipótesis conforman la premisa básica de las curvas de aprendizaje: el tiempo unitario de producción se reduce en un porcentaje fijo cada vez que se duplica la producción. Partiendo de esta premisa, y conociendo las horas de mano de obra directa requeridas para la fabricación de la primera unidad, k_1, y la tasa de aprendizaje, ρ, podemos calcular la curva de aprendizaje utilizando un modelo logarítmico. Las horas de mano de obra directa necesarias para fabricar la enésima unidad, k_n, se calculan aplicando la siguiente fórmula: $k_n = k_1 n^b$, donde n es la cantidad acumulada de unidades producidas y $b = \log \rho / \log 2$.

Podemos calcular también el número medio acumulado de horas por unidad de producto que se requerirá para fabricar las n primeras unidades, para lo cual se acude a la Tabla 5.2 que se recoge al final de este Cuadro (elaborada a partir de Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 209), la cual contiene factores de conversión que, al multiplicarse por el número de horas de mano de obra directa necesario para fabricar la primera unidad, indican el tiempo medio unitario correspondiente a las cantidades acumuladas de producción seleccionadas. Cuando se dispone de datos históricos, la tasa de aprendizaje se puede estimar con la ayuda de un modelo logarítmico; en este caso, los tiempos necesarios para elaborar la primera y la enésima unidades son conocidos. El procedimiento seguido es el siguiente:

1. Se estima el valor de b mediante el modelo logarítmico ($k_n = k_1 n^b$).
2. A partir de la estimación de b se calcula la tasa de aprendizaje ρ ($\log \rho / \log 2 = b$).

Las estimaciones son más subjetivas antes de que comience la producción; el responsable de Operaciones puede asumir que la tasa de aprendizaje será análoga a que la que existía en la

[2] Citado por Hayes y Wheelwright (1984, pág. 251).

[3] Como puede observarse, este aspecto, aunque modificado, ha sido seguido también por algunos fabricantes japoneses de automóviles (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 6 y 7).

(continúa en la página siguiente)

misma empresa en el pasado para la producción de artículos similares, o que ésta será igual a la de la industria en su conjunto para aplicaciones semejantes; en cualquier caso, el rendimiento actual debe ser controlado y la tasa debe ser revisada cada vez que se cuenta con mayor información disponible. Puede resultar peligroso aceptar ciegamente la tasa de la industria porque puede ser muy diferente a la de una entidad específica. Un factor implicado es la combinación de máquinas y personas: la oportunidad de reducir el número de personas asignadas a una máquina está limitada normalmente, pues la tasa de producción está determinada por la tasa de los equipos y no por los trabajadores; cuanto mayor sea la proporción de trabajadores por máquina, mayor será el efecto aprendizaje sobre las necesidades de mano de obra directa.

Otro factor que afecta a la tasa de aprendizaje es la complejidad del producto; cuando éstos son simples la tasa no es tan pronunciada como con los complejos. Estos últimos ofrecen más oportunidades para la mejora de métodos, materiales y diseño del producto a lo largo de su ciclo de vida. Estrechamente ligado a este factor está la experiencia de la organización con productos similares, de modo que, cuanto mayor sea la diferencia en el producto, mayor tasa de aprendizaje se puede esperar. También la intensidad de capital afecta a la tasa de aprendizaje; la automatización o las mejoras generales en la planta y el equipo suelen tener lugar en momentos concretos del tiempo y dan lugar a efectos importantes, que normalmente hacen que la curva de aprendizaje existente pierda parte de su validez. Consiguientemente, cuando se estima la tasa de aprendizaje tomando como referencia las experiencias previas o los valores del sector, los responsables de Operaciones deben anticipar las consecuencias previsibles de la nueva intensidad de capital.

Tabla 5.2. Factores de conversión para efectuar el cálculo del número medio acumulado de horas de mano de obra directa por unidad producida

Tasa de aprendizaje del 80 % N = Producción acumulada						Tasa de aprendizaje del 90 % N = Producción acumulada					
N		N		N		N		N		N	
1	1,00000	19	0,53178	37	0,43976	1	1,00000	19	0,73545	37	0,67091
2	0,90000	20	0,52425	38	0,43634	2	0,95000	20	0,73039	38	0,66839
3	0,83403	21	0,51715	39	0,43304	3	0,91540	21	0,72559	39	0,66595
4	0,78553	22	0,51045	40	0,42984	4	0,88905	22	0,72102	40	0,66357
5	0,74755	23	0,50410	64	0,37382	5	0,86784	23	0,71666	64	0,62043
6	0,71657	24	0,49808	128	0,30269	6	0,85013	24	0,71251	128	0,56069
7	0,69056	25	0,49234	256	0,24405	7	0,83496	25	0,70853	256	0,50586
8	0,66824	26	0,48688	512	0,19622	8	0,82172	26	0,70472	512	0,45594
9	0,64876	27	0,48167	600	0,18661	9	0,80998	27	0,70106	600	0,44519
10	0,63154	28	0,47668	700	0,17771	10	0,79945	28	0,69754	700	0,43496
11	0,61613	29	0,47191	800	0,17034	11	0,78991	29	0,69416	800	0,42629
12	0,60224	30	0,46733	900	0,16408	12	0,78120	30	0,69090	900	0,41878
13	0,58960	31	0,46293	1000	0,15867	13	0,77320	31	0,68775	1000	0,41217
14	0,57802	32	0,45871	1200	0,14972	14	0,76580	32	0,68471	1200	0,40097
15	0,56737	33	0,45464	1400	0,14254	15	0,75891	33	0,68177	1400	0,39173
16	0,55751	34	0,45072	1600	0,13660	16	0,75249	34	0,67893	1600	0,38390
17	0,54834	35	0,44694	1800	0,13155	17	0,74646	35	0,67617	1800	0,37711
18	0,53979	36	0,44329	2000	0,12720	18	0,74080	36	0,67350	2000	0,37114

5.8. CONSIDERACIONES FINALES

Aunque toda organización necesita conocer en profundidad las repercusiones que la selección de procesos tiene sobre sus actividades, éstas lo olvidan en ocasiones al efectuar sus inversiones en activos productivos, lo que lleva a que no se obtengan los resultados esperados. Por otra parte, no siempre las empresas reconocen cómo se ven afectados sus procesos ante un cambio en el mercado y la consiguiente necesidad de aumentar o modificar sus activos productivos para poder mantener sus cuotas de mercado y sus posiciones competitivas. El concepto de **perfil del producto** (Hill, 1991, pág. 69), ofrece una vía para determinar, e

incluso anticipar, el grado de ajuste entre el mercado de una empresa y su proceso productivo. El Cuadro 5.8 ofrece una descripción somera del modo en que opera esta técnica.

Cuadro 5.8. Estimación del «perfil del producto»

> El procedimiento seguido para determinar el perfil de un producto y, consiguientemente, el nivel de ajuste entre su proceso productivo y el mercado en el que se comercializa, consta de las siguientes etapas:
>
> - Selección de los rasgos relevantes de los productos y mercados, operaciones, costes e inversiones e infraestructura.
> - Descripción de las características del proceso que representan a cada una de las dimensiones anteriores.
> - Ubicación de cada bien o servicio en cada característica de cada dimensión para determinar el nivel de correlación entre la demanda del mercado y la oferta de la empresa, esto es, la combinación de producto-proceso elegida por ésta.
> - Determinación del nivel de consistencia. El mayor o menor ajuste entre los perfiles del producto y el mercado vendrá indicado por el solapamiento de éstos.

Al efectuar la selección del proceso conviene tener presente que las opciones disponibles no siempre están tan claramente delimitadas como podría desprenderse de los apartados precedentes. En realidad podemos encontrar configuraciones híbridas que han sido desarrolladas para atender a necesidades específicas de bienes o servicios o de filosofías de gestión; en cualquier caso, éstas se basan en alguna de las configuraciones básicas descritas y su posición puede ser fácilmente detectada en la clásica matriz producto-proceso. La Figura 5.4 (basada en Hill, 1991, pág. 75) ilustra las localizaciones de las configuraciones híbridas más extendidas.

Estas configuraciones pueden agruparse en dos categorías, una relacionada con la fabricación ***batch*** y otra con las **líneas**. En el primer grupo se incluyen aquellas configuraciones que son *una combinación de batch y líneas*, aquellas otras que *combinan batch y flujos continuos*, las que se forman a partir de una *combinación de talleres y batch* y, por último, las que surgen de la *combinación entre líneas y flujos continuos* (que es el caso de la línea *«transfer»* recogida en la Figura 5.4). En el marco del segundo grupo, las configuraciones posibles no dependerán del

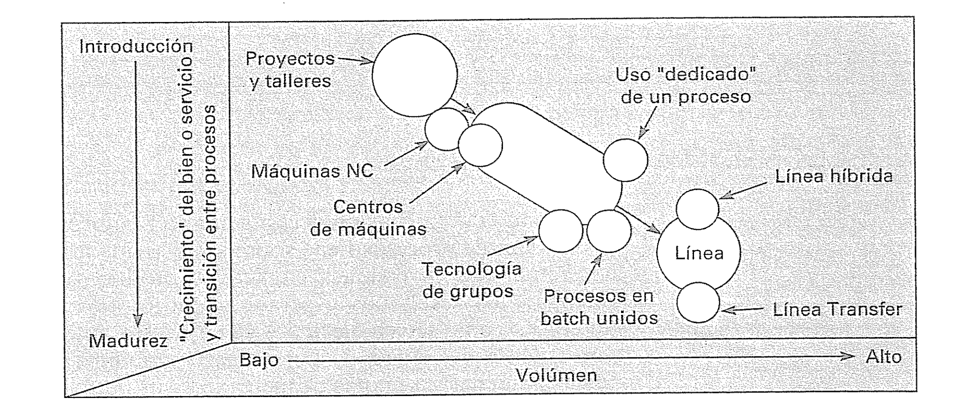


Figura 5.4. Localización de las configuraciones híbridas en función de la etapa del ciclo de vida de productos y procesos y del volumen de producción.

tipo de proceso, como en el primero, sino de la combinación de medios mecánicos y manuales, lo que lleva a distinguir, en el ámbito de las líneas, entre *aquéllas cuya actividad está esencialmente controlada por las personas* (esto es, orientadas manualmente) y *aquéllas otras cuya actividad está marcada por los equipos* (es decir, orientadas mecánicamente). Cada configuración, sea básica o híbrida, requerirá un tipo de equipo diferente (los Capítulos 10 y 11 están dedicados a su estudio y análisis). Adicionalmente, cada una de estas configuraciones puede ser clasificada en función del tipo de proceso en el que operará en mejores condiciones (véase Figura 5.5 (basada en Hill, 1991, pág. 75)).

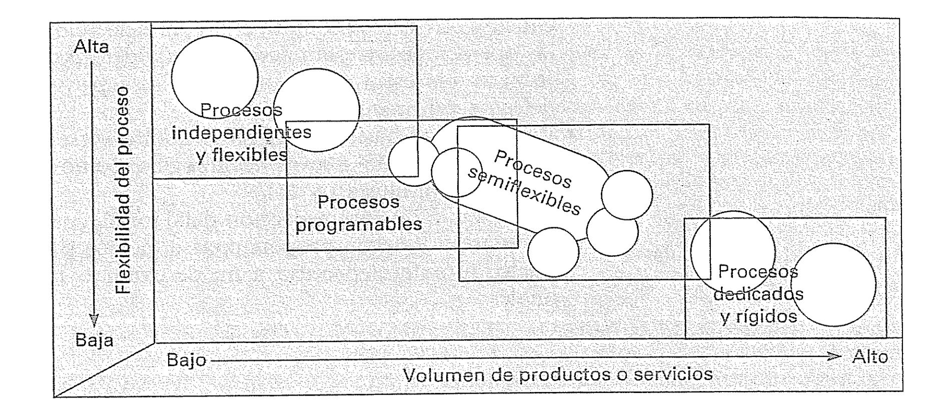


Figura 5.5. Tipología de procesos en función de las configuraciones híbridas.

Debe señalarse, por último, que ninguna de las configuraciones descritas puede ser caracterizada como la «ideal» para la elaboración de un bien o servicio, aunque, como se desprende de las páginas anteriores, algunas puedan ser más idóneas que otras; de hecho, son numerosos los bienes que se pueden elaborar con casi todos los tipos de proceso descritos. Pensemos, por ejemplo, en la confección de abrigos de piel. Estos pueden elaborarse siguiendo las características de la configuración *por proyectos* (por ejemplo: un abrigo de piel creado especialmente para la protagonista de una película de ciencia-ficción), las de un proceso de *talleres* (por ejemplo: una colección de temporada de una peletera de alta costura), en un entorno de fabricación *batch* (por ejemplo: producción anual de una industria peletera de pequeño tamaño que abastece a pequeñas tiendas de provincia) y siguiendo un proceso de *líneas* (por ejemplo: una fábrica de abrigos de piel para el ejército ruso).

A pesar de la amplia variedad existente de **Tecnologías de Proceso** entre las diferentes industrias, son numerosos los elementos básicos de la competitividad empresarial que son inherentes al propio proceso y que, por tanto, no dependen de la industria, como son el **tiempo de entrega tecnológico**, el **coste del proceso** y las **pérdidas por falta de la suficiente calidad.** Cualquier Estrategia de Operaciones debe tener como objetivo la minimización de estos tres elementos y para su logro es importante tener presentes los siguientes factores (Scott, 1994, pág. 41):

- La reducción de aquella parte del tiempo tecnológico que depende del tiempo de lanzamiento puede ser más o menos importante en función del tamaño de los lotes de producción.

- La reducción de la duración y número de los lanzamientos depende de los elementos que sean internos o inherentes a éstos y de los externos; mediante soluciones adecuadas de ingeniería podrían eliminarse estos últimos, reduciéndose así los tiempos de lanzamiento (por ejemplo: es conocido el rediseño de las prensas que Ohno llevó a cabo en Toyota y que condujo a importantes reducciones de tiempo y número de lanzamientos, así como a importantes reducciones de coste).
- Se pueden emplear técnicas estadísticas, como el *análisis de los modos y efectos de fallos del proceso (PFMEA)*, que ayuda a determinar la capacidad básica del proceso para operar dentro de unos límites de tolerancia específicos, o las *técnicas de control estadístico de procesos (SPC)* (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 12) para efectuar el seguimiento y comprobar si las operaciones se están desarrollando dentro de los límites de control; ambas técnicas representan una ayuda valiosa para el control y reducción de los defectos del proceso.
- La capacidad básica del proceso podría verse aumentada y mejorada con la incorporación de nuevas tecnologías, como CAM, CAD/CAM y CAPP (véanse Capítulos 10 y 11).
- El principio de autoinspección debe formar parte de la cultura de calidad de la empresa y deben proporcionarse medios para efectuar el control del producto durante el proceso a fin de evitar o reducir los tests e inspecciones finales.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ABERNATHY, W. J.: «Production Process Structure and Technological Change», *Decision Sciences* 7, n.° 4, 1976.

ABERNATHY, W. J., y UTTERBACK, J.: «Dynamic Model of Process and Product Innovation», *Omega*, vol. 3, n.° 6, 1975.

ABERNATHY, W. J., y TOWSEND, P. L.: «Technology, Productivity and Process Change», *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 7, n.° 4, 1975.

ALVAREZ GIL, M. J.: «La flexibilidad en la fabricación: bases para su definición y medida», *Economía Industrial*, n.° 93, 1993.

ASHTON, J. E., y COOK, F. X. JR.: «Time to reform job-shop manufacturing», *Harvard Deusto Business Review*, marzo-abril, 1989.

CHAKRAVARTY, A. K., y GHOSE, S.: «Tracking Product-Process Interactions: A Research Paradigm», *Production and Operations Management*, vol. 2, n.° 2, 1993.

CHASE R. B.; KUMAR, K. R., y YOUNGDAHL, W. E. : «Service-Based Manufacturing: The Service Factory», *Production and Operations Management*, vol. 1, n.° 2, 1992.

CHASE, R. B., y AQUILANO, N. J.: «Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones», Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.

DILWORTH,. J. B.: «Production and Operations Management: Manufacturing and Services», McGraw-Hill, 1993.

ETTLIE, J. E., y REIFEIS, S. A.: «Integrating Design and Manufacturing to Deploy Advanced Manufacturing Technology», *Interfaces*, vol. 17, n.° 6, 1987.

GAITHER, N.: «Production and Operations Management», The Dryden Press, 1992.

GERWIN, D.: «Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective», *Management Science*, vol. 39, n.° 4, 1993.

HAYES, R. H., y SCHMENNER, R. W.: «How Should You Organize Manufacturing?», *Harvard Business Review*, January-February, 1978.

HAYES, R. H., y WHEELWRIGHT S. C.: «Link Manufacturing Process and Product Life Cycles», *Harvard Business Review*, vol. 57, n.° 1, 1979.

HAYES, R. H., y WHEELWRIGHT, S. C.: «Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing», John Wiley and Sons, 1984.

HEIZER, J., y RENDER, B.: «Production and Operations Management», Allyn and Bacon, 1993.

HILL, T.: «Production and Operations Management: Text and Cases», Prentice-Hall, 1991.

KHANDWALLA, P.: «Mass-Output Orientation of Operations Technology and Organization Structure», *Administrative Science Quarterly*, vol. 19, 1974.

KIM, J. S.; RITZMAN, L. P.; BENTON, W. C., y SNYDER, D. L.: «Linking Product Planning and Process Design Decisions», *Decision Sciences*, vol. 23, n.° 1, 1992.

KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations Management: Strategy and Analysis», Addison Wesley Publishing Co., 1990.

MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, G. S.; MACHUCA, M. A. D.; RUIZ J. A., y ALVAREZ G., M. J.: «Dirección de Operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1994.

MEREDITH, J.: «The Management of Operations: a conceptual emphasis», John Wiley and Sons, 1992.

MUHLEMANN, A.; OACLAND, J., y LOCKYER, K.; «Production and Operations Management», Pitman Publishing, 1992.

ROHRBACH, A.: «Economical Production of All-Metal Airplanes and Sea Planes», *Journal of the Society of Automotive Engineers*, vol. 20, 1927.

SCHROEDER, R. G.: «Operations Management», McGraw-Hill, 1993.

SCOTT, B.: «Manufacturing Planning Systems», McGraw-Hill, 1994.

SKINNER, W.: «The Focused Factory», *Harvard Business Review*, mayo-junio 1974.

STARR, M. K.: «Managing Production and Operations», Prentice Hall, 1989.

STEVENSON, W. J.: «Production/Operations Management», Irwin, 1990.

STONE, C. R.: «Project Management», en WILD, R. (ed): *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational (Alden Press), 1989.

VENKATESAN, R.: «¿Fabricar o subcontratar?», *Harvard Deusto Business Review*, vol. 54, n.° 2, 1993.

WARD, P. T., y MILLER, J. G.: «Dominant Process Technologies in Manufacturing Industries», *Manufacturing Roundtable Research Report Series*, School of Management, Boston University, 1989.

WOODWARD, J.: «Industrial Organization: Theory and Practice», Oxford University Press, 1965.

WRIGHT, T. P.: «Factors affecting the costs of airplanes», *Journal of Aeronautical Science*, vol. 3, 1936.

CAPITULO 6

DISEÑO, MEDICION Y COMPENSACION DEL TRABAJO[1]

6.1. INTRODUCCION

El diseño, medición y compensación del trabajo es un tema que ha cobrado de nuevo actualidad, tanto por el incremento en la relevancia de la productividad como arma competitiva, como por el aumento de la insatisfacción de muchos operarios en sus puestos de trabajo. El *diseño del trabajo*, primero de los temas abordados en el presente capítulo, estudia las distintas tareas que lo componen, así como sus métodos y contenidos. Los *elementos* a tener en cuenta *para el diseño* son básicamente de dos tipos (Dilworth, 1993, pág. 627). En primer lugar, los *factores técnico-físicos*, tales como el contenido de la tarea y el contexto físico (por ejemplo: temperatura, luz, ruido, etc.) que rodea al trabajador, los cuales son analizados mediante el estudio de métodos, técnica perteneciente al estudio del trabajo (véase Apartado 6.2.2). En segundo lugar, debemos considerar los *factores socio-psicológicos*; concretamente los sociales (interacciones personales que tienen lugar a causa de la estructura organizativa y de las asignaciones de trabajos) y los intrínsecos (sentimientos psicológicos internos que se originan al desempeñar el trabajo).

La defensa de unos u otros dio lugar, respectivamente, a dos enfoques de pensamiento (véase Capítulo 1), el de la «dirección científica» (Taylor, 1911, pág. 204), que aboga por la especialización y una alta subdivisión en tareas elementales, y el «enfoque del comportamiento», que tiene en cuenta las necesidades, metas y satisfacciones del factor humano. No obstante, para realizar un correcto diseño se deben considerar ambos factores, de forma que se contemplen tanto las necesidades de la organización como las de los propios trabajadores. Tal consideración no deja de plantear una disyuntiva: a las organizaciones les preocupa el grado de especialización, el cual constituye un arma de doble filo, pues si bien por un lado ésta conlleva altos niveles de productividad, bajos costes de producción, etc., por otro lado puede provocar insatisfacción. Sin embargo, esto último no siempre es cierto, ya que hay trabajadores que prefieren trabajar con un alto grado de especialización, en el sentido de no tener que tomar decisiones o que capacitarse para trabajar en niveles superiores, o, incluso, por propia satisfacción.

En segundo lugar, estudiaremos la *medición del trabajo*, utilizada para establecer el tiempo que se emplea para completar una tarea; contemplaremos tanto las técnicas que engloba como su utilidad práctica. Por último, trataremos el aspecto

[1] Coautor: Francisco Aguado Correa (Universidad de Huelva).

de la *compensación*, que engloba las recompensas, tanto intrínsecas como extrínsecas, que reciben los trabajadores por realizar su trabajo.

6.2. DISEÑO DEL TRABAJO

Como ya hemos establecido en la introducción, el diseño del trabajo se realiza mediante la conjunción de métodos humanos (en relación a los factores socio-psicológicos) y de métodos técnicos (respecto a los factores técnico-físicos).

6.2.1. Métodos humanos

Entre los distintos métodos que tratan de hacer el trabajo más interesante, reduciendo principalmente el grado de especialización, encontramos el modelo de las características del trabajo, la teoría de los dos factores de Herzberg y la teoría de los sistemas socio-técnicos.

6.2.1.1. *Modelo de las características del trabajo*

Este modelo trata de incluir más motivación en los trabajos a través de cinco características básicas:

- *Variedad en las habilidades*, o grado en que el trabajo permite emplear una diversidad de las mismas.
- *Autonomía*, o grado de control sobre el proceso que lleva a cabo el trabajador.
- *Identificación con la tarea*, en el sentido de que el trabajador sea responsable de una fase completa del trabajo.
- *Trascendencia de la tarea*, o grado en que el empleado percibe que el trabajo tiene un impacto en las personas, tanto de la organización como externas a ésta.
- *Retroalimentación*, que permite al operario recibir información directa sobre la eficacia de su trabajo.

Son diversos *los enfoques empleados para introducir estas características*, siendo los más comunes:

- **Ampliación de tareas.** Supone una expansión horizontal añadiendo a las tareas ya realizadas otras del mismo nivel de conocimiento y responsabilidad. En realidad, en la mayoría de los casos de alta especialización, lo que se consigue es que el trabajador realice varias tareas aburridas en lugar de una sola.
- **Enriquecimiento de tareas.** Es una expansión vertical, aumentando la responsabilidad del trabajador respecto a la planificación, organización y control de su propio trabajo.
- **Rotación de tareas.** Consiste en intercambiar periódicamente a los operarios entre los distintos trabajos. Se suele emplear cuando éstos son muy aburridos y no pueden ser rediseñados, con el objetivo de que no los realice siempre la misma persona, evitando así la monotonía originada al realizar la misma labor todos los días.

- **Círculos de calidad**[2] **y equipos de progreso.** Los círculos de calidad están compuestos por un pequeño número (5 a 10) de trabajadores voluntarios con el objeto de analizar y resolver los problemas que se presentan en el trabajo diario. En cuanto a los equipos de progreso, éstos no son permanentes, sino que sólo se reúnen para resolver problemas especiales.

Los tres primeros enfoques pretenden reducir el absentismo laboral, disminuir los retrasos en la entrada de los trabajadores, mejorar la productividad y la calidad, etc. Sin embargo, a pesar de sus indudables ventajas, no están exentos de limitaciones, tales como (Heizer y Render, 1991, pág. 630):

a) Mayor inversión de capital.
b) Muchos trabajadores prefieren realizar trabajos especializados.
c) Hay que pagar una mayor cuantía a los trabajadores.
d) Existe una menor unión de trabajo.
e) El índice de accidentes puede aumentar.
f) La tecnología utilizada en algunas empresas puede no permitir ninguno de los métodos anteriores.

Respecto a los círculos de calidad y equipos de progreso, además de solucionar los problemas del trabajo diario, se consigue aumentar las capacidades individuales, enriquecer la personalidad del trabajador, hacer que se integre y participe en el grupo de trabajo, mejorar la formación de los operarios, etc. La única ventaja diferenciadora de los equipos de progreso respecto a los círculos de calidad es que el nombramiento para formar parte de un equipo es una forma de reconocimiento, lo cual genera una mayor motivación.

6.2.1.2. *Teoría de los dos factores de Herzberg*

Con esta teoría, Herzberg (1987, págs. 109-120) sugiere que el trabajo puede contener dos factores, los de motivación y los de higiene. Mientras que los primeros pueden motivar y entusiasmar a los operarios respecto a su trabajo (por ejemplo: el reconocimiento personal), los segundos pueden causar insatisfacción si no se cumplen (por ejemplo: condiciones de trabajo, niveles salariales, etc.).

6.2.1.3. *Teoría de los sistemas socio-técnicos*

«El término socio-técnico se centra en la interrelación entre los sistemas técnicos necesarios para realizar las tareas y la organización social en la cual éstas se realizan» (Dilworth, 1993, pág. 632). De acuerdo con ello, deben diseñarse trabajos que se ajusten tanto a la tecnología empleada como a las necesidades del empleado o de los grupos de trabajo, con objeto de evitar efectos indeseables.

Bajo este enfoque, estudios realizados en la década de los 50 (talleres de hilado en la India y minas de carbón en Inglaterra) demostraron que los *grupos de trabajo autónomos* (responsables cada uno de una parte del trabajo) podían enfrentarse a la mayoría de los problemas productivos de mejor forma que la Gerencia, siempre que se les concediese una mayor autonomía en las decisiones referentes a la labor que realizaban. Actualmente, grandes firmas como GM, IBM, Polaroid, etc. han establecido grupos de trabajo bajo esta teoría. Así, el uso de los mismos (junto con otros factores) en plantas de producción, diseñadas para

[2] Véase J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulo 11).

sistemas socio-técnicos y equipadas con nueva tecnología, ha dado lugar a un incremento de la productividad entre el 30 y el 50 por 100 respecto a las plantas convencionales (Hoerr, 1987, pág. 61).

6.2.2. Métodos técnicos

Respecto a los métodos técnicos que tienen relación con el diseño del trabajo, vamos a estudiar únicamente el estudio de métodos, que forma parte del **Estudio del Trabajo** y que reviste una gran utilidad. Este último, como medio directo de aumentar la productividad, puede entenderse como un grupo de «técnicas, en particular el *Estudio de Métodos* (EM) y la *Medición del Trabajo* (MT), que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos, los cuales llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras»[3]. Este estudio se ha venido aplicando tradicionalmente al trabajo de transformación productiva, pero en la actualidad no debemos olvidarnos del trabajo de las empresas de servicios, donde se podría aplicar el término «organización y métodos» (Muhlemann y otros, 1992, pág. 226).

Lo que se pretende con él es incrementar la productividad y, por tanto, con poca o ninguna inversión de capital, producir un mayor número de productos o generar un mayor número de servicios con una misma cantidad de recursos. La característica fundamental del estudio del trabajo es su carácter sistemático, tanto para investigar los problemas como para buscarles solución. Como esto requiere mucho tiempo y dedicación continua, se debe buscar a una persona que se dedique exclusivamente a este fin. Su ámbito de aplicación debe ser la totalidad de la empresa y no solamente determinadas áreas, pues en este último caso no se podría obtener el efecto deseado. Las economías que resultan de su correcta aplicación global comienzan de inmediato y van a continuar mientras se sigan haciendo las operaciones en su forma mejorada. Ahora bien, algo fundamental a tener en cuenta es que, antes de su aplicación, tanto la Dirección como los empleados deben comprender perfectamente que el estudio se realiza para beneficio de todos y no para poner en evidencia a nadie; de esa forma, se evitará el rechazo ancestral que su uso ha venido teniendo en los grupos obreros.

Ya hemos dicho que las dos técnicas principales del estudio del trabajo son el **Estudio de Métodos** y la **Medición del Trabajo**. El primero consiste en «el registro y examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces y de reducir los costes»; la segunda se centra en «la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador cualificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida»[4]. Ambos están estrechamente ligados, centrándose el EM en la mejora de los procesos y procedimientos, en la disposición de la planta, en el diseño de ésta y del equipo (véase Apartado 6.3); el objeto es reducir el esfuerzo humano y la fatiga, así como el uso de materiales, máquinas y mano de obra y crear un mejor ambiente físico y de trabajo. La MT se encarga del establecimiento de los tiempos tipo de las operaciones ejecutadas según el método ideado en el estudio de métodos (véase Apartado 6.4). La utilidad que se deriva de la medición del trabajo en la empresa

[3] Definición del British Standard Glossary of Terms in Work Study, citada en OIT (1977, pág. 35).
[4] Definición del British Standard Glossary of Terms in Work Study, citada en Hill (1991, pág. 300).

puede analizarse contemplándola junto al estudio de métodos o por separado; en el primer caso sirve para:

- Eliminar el tiempo improductivo y estudiar las posibles mejoras.
- Comparar los distintos métodos que se pueden utilizar.
- Repartir el trabajo dentro de los equipos o grupos de trabajo.
- Determinar la carga de trabajo adecuada para una persona.

En el segundo caso, una vez fijados los tiempos tipo (véase Apartado 6.4.1.9), sirve para (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994):

- Realizar la planificación y programación de la producción.
- Establecer cargas y capacidades.
- Equilibrar las líneas de producción.
- Establecer las necesidades de personal.
- Determinar los plazos de entrega.
- Calcular los costes de mano de obra.
- Fijación de precios.
- Elaboración de presupuestos.
- Realizar una evaluación de la actuación de los operarios, tanto para determinar los niveles salariales, como los planes de incentivos, en su caso.

En resumen, dicho análisis proporciona información básica, tanto para el diseño como para el sistema de planificación y control de la producción.

Como regla general, el estudio de métodos debe preceder a la medición del trabajo cuando se desean fijar tiempos tipo. Hay, sin embargo, otras ocasiones en que el conocimiento de la duración de una tarea ayuda a realizar el estudio de métodos. Las fases a desarrollar en ambas técnicas se resumen en el Cuadro 6.1.

Cuadro 6.1. Fases del estudio de métodos y de la medición del trabajo

Estudio del Trabajo	
Fases del Estudio de Métodos	**Fases de la Medición del Trabajo**
1. Seleccionar el trabajo a estudiar.	1. Seleccionar el trabajo a estudiar.
2. Registro de todos los datos relativos al mismo que sean útiles para una mejor definición y estudio del trabajo elegido.	2. Registro de los datos necesarios para la medición.
3. Examen crítico del método actual, consistente en un análisis sistemático del mismo para poner de manifiesto las deficiencias existentes y las posibles mejoras.	3. Examen crítico de los datos para comprender si se están utilizando los métodos y movimientos más eficaces y para separar los elementos improductivos de los productivos.
4. Idear un nuevo método que suponga una mejora con respecto al actual, basándonos para ello en los resultados del examen crítico. Una vez ideado, definirlo para poderlo identificar y reconocer en todo momento.	4. Medición (en tiempo) de la cantidad de trabajo que corresponde a cada elemento, mediante la técnica más apropiada.
5. Implantación del nuevo método, sustituyendo al actual.	5. Cálculo del tiempo básico y del tiempo tipo.
6. Mantenimiento del mismo, mediante inspecciones periódicas que detecten las desviaciones y permitan evitar el retorno a los procedimientos antiguos.	6. Definir exactamente la serie de actividades y métodos en funcionamiento para los cuales se ha calculado el tiempo tipo.

Dada la importancia del estudio de métodos, y descrito ya su objetivo y su utilidad, vamos a tratar cada una de las fases que incluye, a lo cual dedicaremos el próximo apartado.

6.3. FASES DEL ESTUDIO DE METODOS[5]

6.3.1. Seleccionar el trabajo a estudiar

La selección puede derivarse de una solicitud previamente hecha o de un programa global de incremento de productividad. Para realizar una correcta selección debemos tener presente que se debe estudiar el método de trabajo que reporte las mayores ventajas, tomando en consideración razones económicas, técnicas y humanas. Habría que seleccionar, pues:

- Tareas con alto contenido de trabajo.
- Tareas muy repetitivas.
- Procesos en los que se originan «cuellos de botella», problemas de calidad, grandes desplazamientos de material, etc.
- Trabajos penosos e inseguros.

Es un buen comienzo seleccionar tareas muy penosas que, al ser mejoradas, producen un alto grado de satisfacción entre el personal de la organización; ello facilita continuar posteriormente con la selección de trabajos cuyas ventajas no sean muy claras para los operarios.

6.3.2. Registro de datos que sean útiles para una mejor definición y estudio del trabajo elegido

Una vez elegido el trabajo, se debe proceder al registro de datos mediante el uso de algunas de las técnicas e instrumentos existentes; éstos facilitan la comprensión de los distintos métodos. La clasificación de los instrumentos (Prokopenko, 1989, pág. 138), cuya elección dependerá del trabajo a analizar, aparece en el Cuadro 6.2, comentándose a continuación cada uno de ellos.

Cuadro 6.2. Clasificación de los instrumentos de registro de datos

Gráficos	que indican la sucesión de los hechos	◦ Cursograma sinóptico del proceso ◦ Cursograma analítico (del operario, del material y del equipo o maquinaria) ◦ Diagrama bimanual
	con escala de tiempo	◦ Gráfico de actividades múltiples ◦ Simograma
Diagramas	que indican movimiento	◦ Diagrama de recorrido o de circuito ◦ Diagrama de hilos ◦ Ciclograma ◦ Cronociclograma ◦ Gráfico de trayectoria

[5] Para examinar algunos casos prácticos de Estudio de Métodos, puede verse J. A. D. Machuca y otros (1990, Capítulo 2).

6.3.2.1. *Gráficos que indican la sucesión de los hechos*

Para este tipo de gráficos se utilizan símbolos que facilitan el registro de los datos. Antes de proceder a su definición (Cuadro 6.3), debemos recalcar que el estudio de métodos también es aplicable a las actividades que tienen como objeto la realización de servicios, las cuales pueden utilizar, por tanto, los símbolos mencionados. Como ejemplos de este tipo de tareas se pueden mencionar los movimientos y cuidados de enfermos en hospitales, el manejo de correspondencia, etc.

Cuadro 6.3. Símbolos y definiciones para el estudio de métodos

Símbolo	Concepto	Definición
○	Operación	Representa un cambio intencionado en las características de un producto o servicio.
⇨	Transporte	Indica el movimiento del producto, servicio, operarios y equipos de un lugar a otro. No incluye los movimientos que forman parte de una operación o una inspección.
□	Inspección	Consiste en verificar las características de un producto o servicio, tanto en cantidad como en calidad.
D	Espera	Debido a determinadas condiciones, el producto o servicio debe esperar al comienzo del siguiente paso del proceso. No se incluyen en estas condiciones las que intencionadamente cambian las características físicas o químicas del objeto de estudio.
▽	Almacenamiento	Indica el almacenamiento de un objeto, para el cual se prohíbe el traslado sin autorización previa. Frecuentemente se hace una distinción entre almacenamiento temporal y permanente, colocando una T o una P, respectivamente, dentro del triángulo.
Con estos cinco símbolos básicos se pueden construir actividades combinadas, de forma que se puedan representar las que son ejecutadas al mismo tiempo (por ejemplo: una operación y una inspección ⧈).		

Cursograma sinóptico del proceso. Es generalmente el más sencillo de realizar y el más útil para el director de operaciones; emplea únicamente los símbolos de operación e inspección para reflejar la secuencia de fabricación de un producto o generación de un servicio. Junto con los símbolos, se añade una breve descripción de cada operación e inspección y, cuando se conoce, se indica asimismo el tiempo empleado (normalmente a las inspecciones no se les fija tiempo). Para su construcción se colocan las operaciones e inspecciones según su orden de ocurrencia, en una línea vertical situada a la derecha de la página, mientras que las incorporaciones de materias primas o ensamblajes de subconjuntos se realizan a través de una línea horizontal. Un ejemplo del mismo se puede observar en la Figura 6.1[6].

[6] Tomada de J. A. D. Machuca y otros (1990, pág. 56).

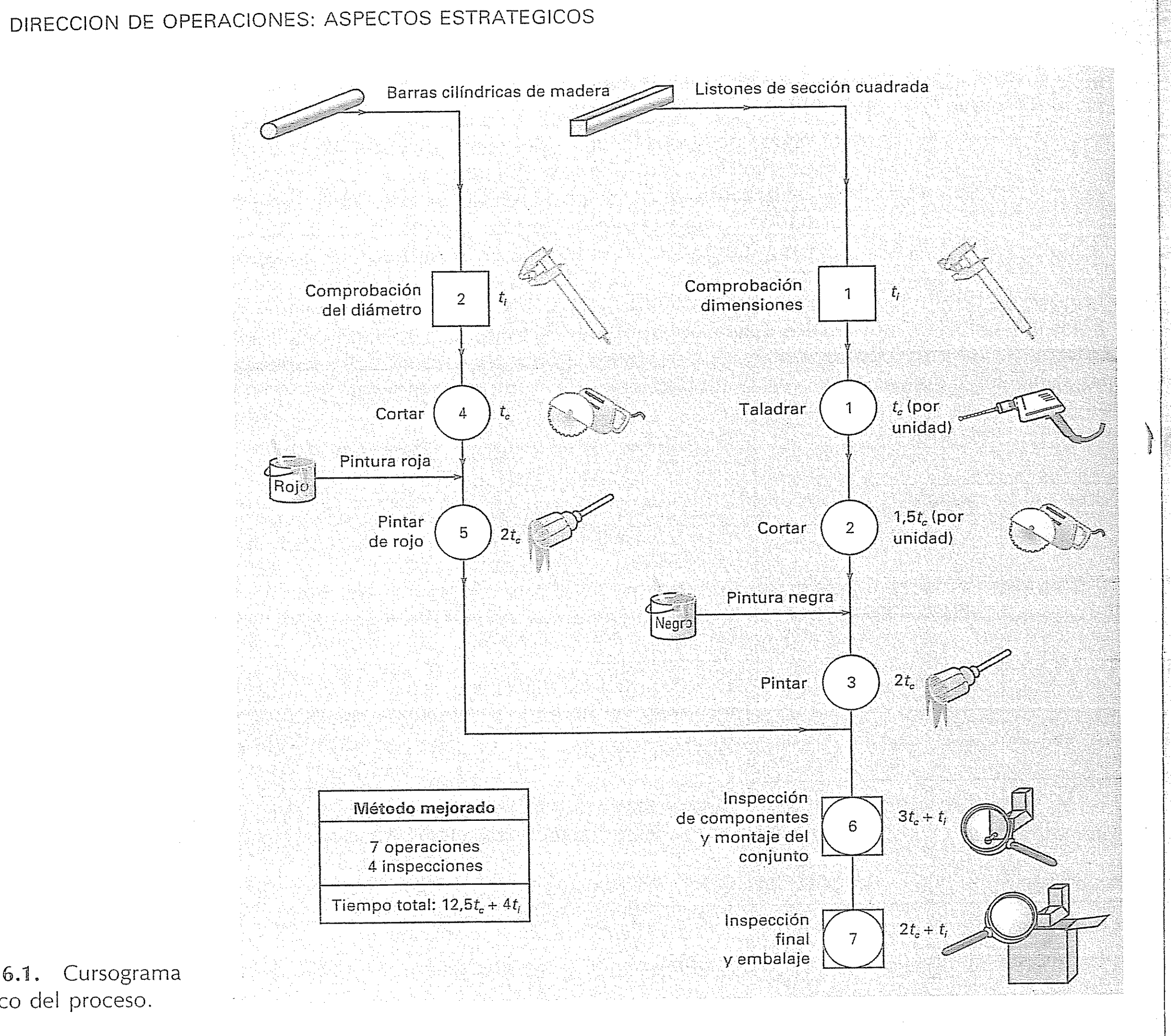


Figura 6.1. Cursograma sinóptico del proceso.

— **Cursograma analítico.** Este proporciona un grado de detalle mayor que el anterior, ya que utiliza los cinco símbolos mencionados. Se emplea para observar la evolución de los operarios (indicando lo que hace la persona que trabaja), el material (representando lo que a éste le ocurre) y el equipo o maquinaria (indicando cómo se emplean). Para ello se suele utilizar un único impreso, en cuya cabecera aparecen los tres factores mencionados, tachándose los dos que no procedan. Un ejemplo ilustrativo aparece en la Figura 6.2 (OIT, 1977, página 125).

— **Diagrama bimanual.** Es útil para operaciones repetitivas, siendo similar al cursograma analítico, pero referido a un puesto de trabajo (veáse Figura 6.3 (OIT, 1977, pág. 184)) y no al proceso global; en él se consignan las actividades de las extremidades del operario (lo habitual es observar el movimiento de las manos, aunque también se pueden observar las piernas), indicando la relación entre ellas. Para ello se emplean los mismos símbolos, pero con significados lige-

CURSOGRAMA ANALITICO	~~OPERARIO~~/MATERIAL/~~EQUIPO~~			
Diagrama n.° 4 Hoja n.° 1	Resumen			
Objeto: Cajón de piezas BX 487 (10 por cajón, en cajas de cartón)	Actividad	Actual	Propuesta	Economía
Actividad: Recibir, comprobar, inspeccionar y numerar piezas; almacenarlas con los cajones	Operación ○ Transporte ⇨ Espera D Inspección □ Almacenamiento ▽	2 11 7 2 1	2 6 2 1 1	— 5 5 1 —
Método: ~~Actual~~/Propuesto	Distancia (metros)	56	32	24
Lugar: Departamento de recepción	Tiempo (horas · hombre)	1,96	1,15	0,80
Operario(s) Ficha n.° Véase columna de observaciones	Costo por cajón ($): Mano de obra Material	3,24 —	1,97 —	1,27 —
Compuesto por: B. C. Fecha: 6-11-1948 Aprobado por: T. H. Fecha: 7-11-1948	TOTAL ($)	3,24	1,97	1,27

Descripción	Cantidad 1 caja	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolo ○	⇨	D	□	▽	Observaciones
Sacado de camión, colocado en plano inclinado		1			•				2 peones
Deslizado por plano inclinado		6	5		•				2 peones
Colocado en carretilla		1			•				2 peones
Acarreado hasta lugar de desembalaje		6	5		•				1 peón
Destapado		—	5	•					1 peón
Acarreado hasta banco de recepción		9	5		•				1 peón
Espera hasta descarga		—	5			•			
Cajas cartón extraídas y abiertas, piezas colocadas sobre banco, contadas y cotejadas con diseño		—	20				•		Inspector
Piezas numeradas y colocadas de nuevo en cajón				•					Peón almacén
Espera del carretillero		—	5			•			
Cajón llevado al lugar de distribución		9	5		•				1 peón
Puesto en depósito		—	—					•	
TOTAL		32	55	2	6	2	1		

Figura 6.2. Cursograma analítico del material.

DIAGRAMA BIMANUAL	
Diagrama n.° 1 Hoja n.° 1	Disposición del lugar de trabajo
Dibujo y pieza: Tubo de vidrio de 3 mm de diámetro y 1 m de longitud	Método original; Plantilla; Tubo de vidrio; Posición para marcar
Operación: Cortar trozos de 1,5 cm	
Lugar: Talleres generales	
Operario(s)	
Compuesto por: Fecha:	

Descripción mano izquierda	○	⇨	D	▽	○	⇨	D	▽	Descripción mano derecha
Sostiene tubo				•	•				Recoge lima
Hasta plantilla		•						•	Sostiene lima
Mete tubo en plantilla	•					•			Lleva lima hasta tubo
Empuja hasta fondo	•							•	Sostiene lima
Sostiene tubo				•	•				Muesca tubo con lima
Retira un poco tubo	•							•	Sostiene lima
Hace girar tubo 120°/180°	•							•	Sostiene lima
Empuja hasta fondo	•					•			Acerca lima a tubo
Sostiene tubo				•	•				Muesca tubo
Retira tubo	•					•			Pone lima en mesa
Pasa tubo a la derecha		•				•			Va hasta tubo
Dobla tubo para partirlo	•				•				Dobla tubo
Sostiene tubo				•	•				Suelta trozo cortado
Corre a otra parte del tubo	•					•			Va hasta lima

RESUMEN				
Método	Actual		Propuesto	
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
Operaciones	8	5		
Transportes	2	5		
Esperas	—	—		
Sostenimientos	4	4		
Inspecciones	—	—		
Totales	14	14		

Figura 6.3. Diagrama bimanual.

ramente diferentes. Así, el símbolo *operación* se refiere a los actos de asir, sujetar, soltar, etc., un objeto; el de *transporte* representa el movimiento de la mano desde o hacia el trabajo, herramienta o material; la *espera* muestra el momento en que la mano o extremidad no trabaja; por último, el *sostenimiento* indica que la extremidad sostiene o sujeta algo. En este diagrama no se utiliza el término almacenamiento. El símbolo de inspección no se suele utilizar, ya que, durante la inspección, los movimientos de las manos son operaciones. En caso de desear que aparezca, se puede utilizar su símbolo.

6.3.2.2. *Gráficos con escala de tiempo*

Son gráficos en los que dos o más actividades que se están ejecutando a la vez se muestran en una escala de tiempo común.

- **Gráfico de actividades múltiples.** Se emplea para registrar simultáneamente las actividades de dos o más operarios, máquinas o materiales. Para su representación se utiliza una columna para cada uno, situando el tiempo a la izquierda (la longitud de la columna depende del tiempo empleado) y una breve descripción a la derecha, situando, además, en cada columna un apartado interior que indica cuándo se está trabajando y cuándo no (Figura 6.4 (OIT, 1977, pág. 155)). También se puede utilizar una sola columna para un grupo de trabajadores o de máquinas. Analizando atentamente el gráfico, se puede llegar a combinar de otra forma las actividades con el objeto de suprimir tiempos improductivos. Este gráfico también permite determinar el número máximo de máquinas que puede manejar cada operario.

- **Simograma o gráfico de movimientos simultáneos.** Registran los movimientos de dos o más partes del cuerpo del trabajador (Figura 6.5 (OIT, 1977, pág. 194)). Estos son generalmente de muy corta duración (micromovimientos), por lo que, para poder realizarlo con exactitud, se debe efectuar un análisis de cada uno de los fotogramas obtenidos con una cámara cinematográfica o de vídeo en la observación del trabajo seleccionado. Para registrar estos micromovimientos se pueden utilizar técnicas como los símbolos *therbligs* (por ejemplo: coger, mover, etc.[7]) o cualquier otro sistema de tiempos predeterminados de los movimientos, los cuales serán estudiados con mayor detalle en la medición del trabajo, ya que es ahí donde tienen un mayor uso. Los inconvenientes de este gráfico son la dificultad de preparación y el coste de su realización, lo que hace que se aplique únicamente cuando su necesidad sea debidamente justificada.

6.3.2.3. *Diagramas de movimientos*

Son representaciones gráficas de los desplazamientos de los operarios, materiales y máquinas en el desarrollo del proceso. Los más usados se describen seguidamente.

- **Diagrama de recorrido o de circuito** (Figura 6.6 (OIT, 1977, pág. 149)). Es un plano bi o tridimensional, realizado a escala, de la zona de trabajo, en el cual se trazan los movimientos de los operarios, materiales o equipos durante la realización de la tarea. Se pueden utilizar los cinco símbolos de los cursogramas para

[7] Véase, por ejemplo, Tomes y Hayes (1993, pág. 7).

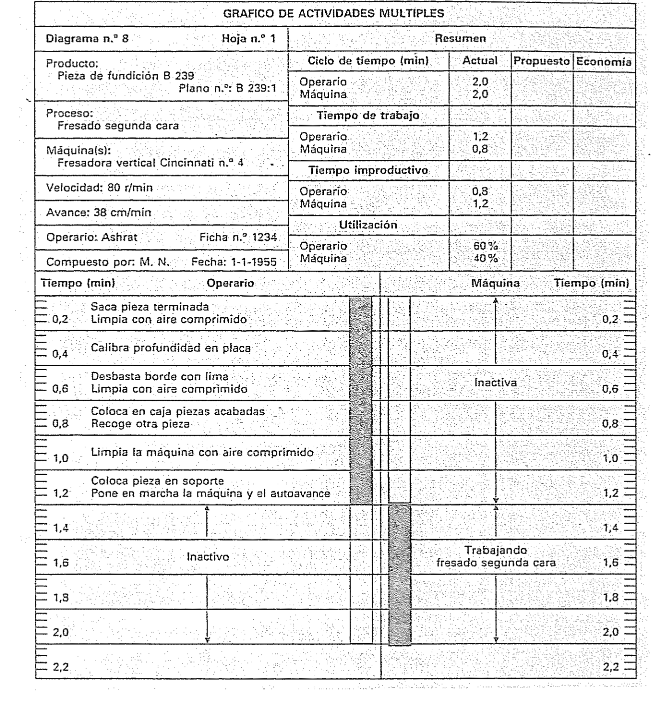


GRAFICO DE ACTIVIDADES MULTIPLES

Diagrama n.° 8 — Hoja n.° 1	Resumen			
Producto: Pieza de fundición B 239 — Plano n.°: B 239:1	Ciclo de tiempo (min)	Actual	Propuesto	Economía
	Operario Máquina	2,0 2,0		
Proceso: Fresado segunda cara	Tiempo de trabajo			
Máquina(s): Fresadora vertical Cincinnati n.° 4	Operario Máquina	1,2 0,8		
	Tiempo improductivo			
Velocidad: 80 r/min	Operario Máquina	0,8 1,2		
Avance: 38 cm/min	Utilización			
Operario: Ashrat — Ficha n.° 1234	Operario Máquina	60 % 40 %		
Compuesto por: M. N. — Fecha: 1-1-1955				

Tiempo (min)	Operario	Máquina	Tiempo (min)
0,2	Saca pieza terminada Limpia con aire comprimido		0,2
0,4	Calibra profundidad en placa		0,4
0,6	Desbasta borde con lima Limpia con aire comprimido	Inactiva	0,6
0,8	Coloca en caja piezas acabadas Recoge otra pieza		0,8
1,0	Limpia la máquina con aire comprimido		1,0
1,2	Coloca pieza en soporte Pone en marcha la máquina y el autoavance		1,2
1,4			1,4
1,6	Inactivo	Trabajando fresado segunda cara	1,6
1,8			1,8
2,0			2,0
2,2			2,2

Figura 6.4. Gráfico de actividades múltiples.

SIMOGRAMA

N.° y nombre del dibujo:	27 - Tapón cuentagotas	Película n.°:	A-6-CC
		Diagrama n.°:	42
Operación:	Montaje	Hoja n.°:	1
	O.P. n.°: DT 27 A	Compuesto por:	A.B.
Operario:	P. Pérez - 345	Fecha:	25-10-1954

Indica contador de guiños	Descripción mano izquierda	Therblig	Tiempo	Tiempo en guiños	Tiempo	Therblig	Descripción mano derecha
				0			
120	Lleva pieza terminada a cajón	TL	8				
			2		20	TE UD	Alcanza goma
130	Alcanza tapa baquelita	TE	16	20			
140					10	G	Ase goma
	Ase tapa baquelita	G	8				
150	Lleva a zona de trabajo	TL	4		12	TL	Lleva goma a zona de trabajo
		P	2	40			
160					8	P	Coloca frente a tapón baquelita
	Sostiene para montar	H	18				
170					6	U	
					2	RL	Suelta goma
	Presenta a mano derecha para asir la goma	P	2	60	4	TE	Alcanza punta de la goma
180					2	G	Tapón punta de la goma
	Sostiene ante mano derecha que tira de la goma	H	14		8	U	Hace pasar por aro baquelita
190							

Figura 6.5. Simograma.

observar lo que se realiza en cada punto. Se utiliza como complemento del cursograma analítico.

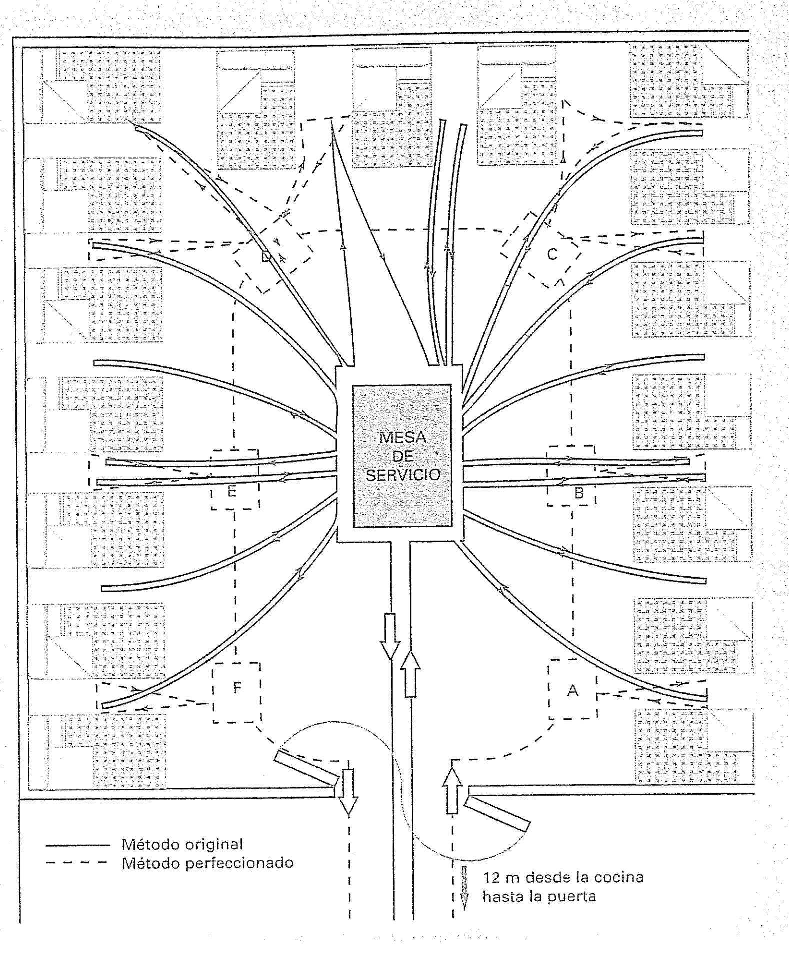


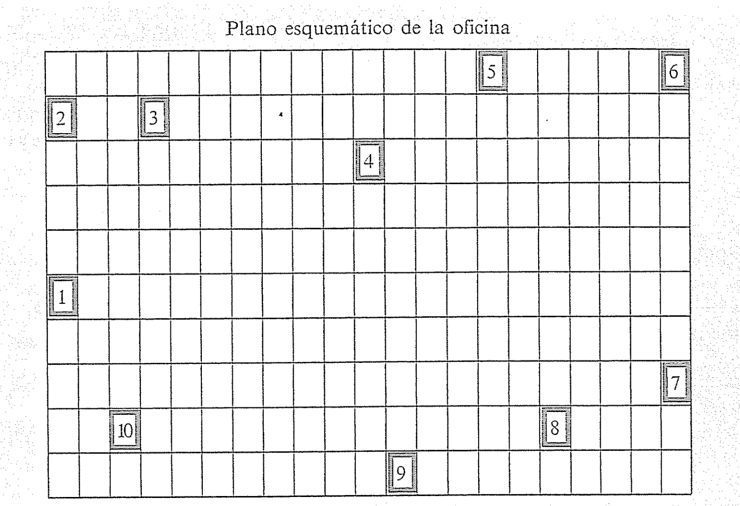
Figura 6.6. Diagrama de recorrido (de una enfermera sirviendo comidas en un hospital).

— **Diagrama de hilos.** Para llevarlo a cabo se utiliza un plano a escala, normalmente hecho en un panel de madera, en el que se clavan alfileres en cada puesto de trabajo, simulando a continuación los desplazamientos mediante un hilo, de longitud conocida, a partir del punto de partida y siguiendo el orden establecido en el proceso. Una vez finalizado, se resta a la longitud total del hilo la del hilo sobrante, obteniéndose la distancia recorrida en relación con la escala. La densidad de los hilos muestra las áreas donde hay un mayor tráfico para proceder a realizar mejoras. La ventaja sobre una representación en papel es que los movimientos no se superponen, al estar el hilo situado a diferentes alturas. Se utiliza como complemento del cursograma analítico.

— **Ciclograma.** Es una fotografía fija (con exposición prolongada) en la que aparecen los movimientos o recorridos, gracias a una fuente luminosa que se le coloca al operario, lo que permite apreciar, en cierta medida, los tiempos de desplazamiento.

Cronociclograma. Es una variante del anterior, en el que se utiliza una luz intermitente de frecuencia conocida, por lo que en la fotografía aparece una línea de trazos.

Gráfico de trayectoria (véase Figura 6.7 (OIT, 1977, pág. 165)). Cuando las situaciones son muy complejas es mejor utilizar este gráfico frente a los diagramas



L_i \ S_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total L_i
1						1				1	2
2					5	2	1		1	1	10
3								1	1		2
4			1			1			1		3
5	1	1		1			1		1	1	6
6		1		1				1	1	1	5
7	1	1	1						1		4
8					1				1	1	3
9		6					1				7
10		1		1		1	1	1			5
Total S_i	2	10	2	3	6	5	4	3	7	5	

Figura 6.7. Gráfico de trayectoria: movimiento del mensajero dentro de una oficina.

de recorrido o los de hilos. Para ello se construye un cuadro en el que se anotan datos cuantitativos de los movimientos entre cualquier número de lugares y durante cualquier período dado de tiempo, indicándose para los distintos puestos, las salidas (S_i) y las llegadas (L_i); asimismo, se resume el total de las mismas.

6.3.3. Examen crítico del método actual

Consiste en un análisis sistemático del mismo por el cual se ponen de manifiesto las deficiencias existentes y las posibles mejoras. El objetivo de este examen es descubrir las razones de la realización de cada actividad, dependiendo sus resultados de la actitud y nivel del analista de métodos. Para facilitar su realización se puede utilizar la técnica del interrogatorio, mediante la cual se somete a cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas sobre el propósito, lugar, sucesión, personas y medios. Un ejemplo de la lista de preguntas aparece en el Cuadro 6.4 (OIT, 1977, págs. 102-103).

Cuadro 6.4. Lista de preguntas para el examen crítico del método actual

1. Propósito	2. Lugar	3. Sucesión	4. Persona	5. Medios
¿Qué se hace? ¿Por qué se hace? ¿Qué otra cosa podría hacerse? ¿Qué debería hacerse?	¿Dónde se hace? ¿Por qué se hace allí? ¿En qué otro lugar podría hacerse? ¿Dónde debería hacerse?	¿Cuándo se hace? ¿Por qué se hace entonces? ¿Cuándo podría hacerse? ¿Cuándo debería hacerse?	¿Quién lo hace? ¿Por qué lo hace esa persona? ¿Qué otra persona podría hacerlo? ¿Quién debería hacerlo?	¿Cómo se hace? ¿Por qué se hace de ese modo? ¿De qué otro modo podría hacerse? ¿Cómo debería hacerse?

Las preguntas sobre el propósito se utilizan para **eliminar** partes innecesarias del trabajo, mientras que las del lugar, sucesión y persona permiten **combinar** (siempre que sea posible) u **ordenar** de nuevo la sucesión de operaciones para obtener mejores resultados. Por último, las relativas a los medios van encaminadas a **simplificar** la operación.

6.3.4. Idear un nuevo método

El analista debe proponer un método que suponga una mejora con respecto al actual; para ello se basará en los resultados del examen crítico y, normalmente, en los principios de economía de movimientos[8], que se utilizan para diseñar el trabajo del operario en el lugar donde ejerce su actividad. Una vez ideado, es necesario definirlo para poderlo identificar y reconocer en todo momento. Su registro se hace normalmente en papel, para tener una descripción visual, comprobando que es factible. Además, la definición permite la comparación del nuevo método con el antiguo, pudiendo realizar una descripción completa de las modificaciones que se introducen y exponiendo las ventajas económicas que se esperan obtener en un cierto período de tiempo, el coste de la implantación del nuevo método, inconvenientes que puede ocasionar, etc.

[8] Para un mayor desarrollo de este tema véase Barnes (1968, pág. 220) y Barnes (1983, pág. 298).

6.3.5. Implantación del nuevo método

Una vez aprobado el nuevo método, éste debe ser implantado o aplicado. Es muy importante que se consiga la aceptación inicial de los supervisores y de la Dirección para, posteriormente, ponerlo en conocimiento de los operarios, de manera que también se consiga su aprobación (si el método no es bien recibido habrá un alto porcentaje de probabilidad de que fracase). Una vez que ha sido aceptado se debe entrenar a los operarios en el nuevo método. Si los cambios realizados son pequeños no necesitarán mucho entrenamiento, pero, si los cambios son grandes, es absolutamente necesario que aquél se prolongue hasta que se consiga el nivel de desempeño deseado para la tarea, de forma que no se considerará completado hasta que la productividad esperada no sea alcanzada.

6.3.6. Mantenimiento del nuevo método

Se ha de establecer una vigilancia y control para permitir que el nuevo método se desarrolle normalmente pues, cuando se hace una innovación, la tendencia general, aunque sólo sea por rutina, es la de volver al antiguo método; poco a poco, esta vigilancia podrá irse abandonando a medida que se observa la implantación real del nuevo método y que las desviaciones respecto al mismo sean aceptables. Conviene, sin embargo, hacer revisiones periódicas siguiendo un proceso de realimentación, ya que el nuevo método también será susceptible de mejoras.

6.3.7. Algunas consideraciones sobre el nuevo método y la ergonomía y condiciones ambientales

Para que el nuevo método ideado pueda ser considerado idóneo, debe tener en cuenta la ergonomía o ingeniería humana y las condiciones ambientales. En relación con la primera, podemos decir que es el estudio de la adecuación entre el hombre y la máquina. El diseño del puesto de trabajo y de las herramientas dependen de factores biomecánicos y antropométricos. Por ello, son objeto de estudio las posturas en el trabajo, las distancias necesarias para alcanzar y mover, etc., factores que pueden hacer el trabajo fácil o difícil. Actualmente, el uso de los ordenadores se ha extendido en la realización de estudios de este tipo. En cuanto a las condiciones ambientales, éstas influyen en el desempeño, seguridad y calidad de vida de los empleados. Las malas condiciones de trabajo son antieconómicas y, a veces, mejoras muy pequeñas en éstas llevan a grandes aumentos de productividad. Por ello, la Dirección debe intentar controlar condiciones como calidad e intensidad de la luz, nivel de ruido, temperatura y humedad del aire, limpieza de los locales, etc.

6.4. MEDICION DEL TRABAJO

Dijimos en el Apartado 6.2 que la Medición del Trabajo trata de establecer el tiempo que tarda un trabajador cualificado en desempeñar una tarea definida. Las técnicas que permiten realizarla se clasifican en directas e indirectas; las primeras engloban al estudio de tiempos y el muestreo de trabajo, mientras que las segundas están representadas por los datos normalizados, el sistema de tiempos predeterminados de los movimientos y la estimación. Pasemos a analizarlas brevemente.

6.4.1. Estudio de tiempos[9]

El estudio de tiempos, también denominado estudio directo de tiempos o cronometraje, se define como «una técnica de medición para registrar el tiempo y el ritmo de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida y realizada en condiciones determinadas, así como para analizar los datos con el fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea en un nivel de ejecución preestablecido» (Prokopenko, 1989, pág. 140). Esta técnica, que fue desarrollada originalmente por F. W. Taylor en 1881, es actualmente la más utilizada de las que conforman la medición del trabajo.

Los analistas que deseen realizar el estudio de tiempos deberán seleccionar a un *trabajador* o trabajadores *cualificados* en el desempeño de los métodos apropiados de trabajo. Como tal se entiende a «aquél de quien se reconoce que tiene las aptitudes físicas necesarias, que posee la requerida inteligencia e instrucción y que ha adquirido la destreza y conocimientos necesarios para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad» (OIT, 1977, pág. 240). El porqué de la utilización de este tipo de trabajadores se centra en que, al ser el objetivo la fijación de tiempos tipo, éstos deben ser de un nivel que pueda alcanzar y mantener un trabajador cualificado sin excesiva fatiga[10]. Un aspecto importante a tener en cuenta es el de informar a los trabajadores seleccionados de que van a ser observados y cronometrados durante un número determinado de ciclos, tratando de eliminar cualquier recelo que exista y pidiéndoles que trabajen como habitualmente lo hacen. Las fases que se deben seguir para realizar un estudio de tiempos coinciden básicamente con las del Cuadro 6.1, las cuales pasamos a analizar con más detalle.

6.4.1.1. *Obtener y anotar toda la información disponible acerca de una tarea*

Con objeto de familiarizarse con el trabajo, antes de proceder a realizar el estudio propiamente dicho se deben registrar, mediante la observación directa, todos los detalles de la operación, de cómo se realiza ésta y de las condiciones que puedan influir en la ejecución del trabajo. Para ello puede solicitarse la ayuda de un responsable que asesore en determinados aspectos; téngase en cuenta que, si los datos registrados son incompletos, el estudio no servirá prácticamente de nada. La información utilizada usualmente permite *identificar el estudio, el proceso, el método, la instalación o la máquina, el operario* (sirva lo dicho anteriormente acerca del trabajador cualificado), *la duración del estudio y las condiciones físicas del trabajo.*

6.4.1.2. *Realizar una descripción completa del método, dividiendo la operación en elementos*

Una vez efectuado el registro anterior, hay que comprobar si el método empleado es el mejor en las circunstancias existentes. Lo normal es que, previamente a la medición del trabajo, se haya realizado un estudio de métodos, con lo cual el que se aplica tras este estudio es el idóneo. Las excepciones se suelen dar en las tareas que se ejecutan muy pocas veces al año, en las que el analista debe tener especial

[9] Algunos casos prácticos de estudio de tiempos pueden verse en J. A. D. Machuca y otros (1990, Capítulo 2).

[10] Aunque también existen tendencias contrarias, que apuntan a que el tiempo fijado pueda ser alcanzado por casi cualquier trabajador.

cuidado para corregir las deficiencias que estime oportunas. Después de esta comprobación, debe procederse a la descomposición de la tarea en elementos, ya que su descripción detallada no puede realizarse en conjunto. Podemos definir el **elemento** como la parte de una tarea que dura normalmente unos pocos segundos o, también, como la parte delimitada de una tarea definida de forma que permita una mejor observación, medición y análisis. Relacionado con el término elemento, se encuentra el **ciclo de trabajo**, que es la suma de todos los elementos necesarios para efectuar una tarea u obtener una unidad de producción; a veces puede que aparezcan elementos casuales. El ciclo de trabajo se inicia al comienzo del primer elemento de la operación y continúa hasta el mismo punto en una repetición de la operación; de esta forma, comienza el segundo ciclo y así sucesivamente.

Dentro de una tarea pueden aparecer distintos *tipos de elementos*, que se pueden clasificar en base a diferentes criterios. En primer lugar, *según su frecuencia de aparición*, podemos hablar de:

- **Elementos regulares,** que aparecen necesariamente en todos los ciclos sucesivos; llamaremos t_r al tiempo correspondiente (por ejemplo: apretar un tornillo).
- **Elementos de frecuencia o irregulares,** que siendo necesarios para realizar la tarea, no aparecen en todos los ciclos, sino que lo hacen de forma periódica, es decir, cada v ciclos. Llamaremos t_f al tiempo correspondiente (por ejemplo: el engrase de una máquina cada v ciclos). Estos elementos se pueden considerar equivalentes a elementos regulares ficticios, es decir, considerando que aparecen en cada ciclo con duración t_f/v.
- **Elementos extraños o aleatorios,** que son observados durante el estudio, pero que, al analizarse, no resultan ser una parte necesaria del trabajo. Sin embargo, obligan a realizar operaciones suplementarias. Aunque se producen aleatoriamente en el propio puesto de trabajo pueden asimilarse a elementos de frecuencia, a pesar de que ésta no esté fijada de antemano (por ejemplo: rotura de una herramienta). Llamaremos t_a al tiempo que corresponde a un elemento extraño; también pueden transformarse en elementos regulares ficticios a través de la expresión $t_a/\bar{v}$, siendo $\bar{v}$ la frecuencia media adoptada para cada elemento.

De acuerdo con ello, para el caso general de existencia de L elementos regulares, M de frecuencia y N extraños, el tiempo total del ciclo vendrá dado por la expresión siguiente (J. A. D. Machuca y otros, 1990, págs. 74-75):

$$t_{T_c} = \sum_{I=1}^{L} t_{r_I} + \sum_{J=1}^{M} t_{f_J}/v_J + \sum_{K=1}^{N} t_{a_K}/\bar{v}_K \qquad [1]$$

En segundo lugar, *según quien ejecute el elemento*, podemos hablar de elementos manuales, realizados por el operario, y de elementos mecánicos, que son los realizados automáticamente por una máquina (o proceso) a base de fuerza motriz. Por último, *en base a su duración*, pueden distinguirse elementos constantes, cuyo tiempo de ejecución es siempre el mismo (por ejemplo: soldadura efectuada por un robot industrial) y elementos variables, cuyo tiempo de ejecución cambia según ciertas características del producto, equipo o proceso (por ejemplo: cortar manualmente tubos de distinto diámetro). Cualquiera que sea la clasificación que se elija, la suma de los tiempos de los elementos dará lugar al tiempo total del ciclo de trabajo. Esta subdivisión detallada de los elementos es necesaria por las siguientes razones:

- Para evaluar la velocidad en el desempeño de una forma más correcta que si se valora globalmente un ciclo completo. Esto se debe a que puede que el operario no trabaje con el mismo ritmo (véase Apartado 6.4.1.6) en todos los elementos del ciclo, cosa que no hubiese podido observarse valorando globalmente un ciclo completo.
- Para describir cómo se descompone el tiempo de trabajo. Así, se podrán descubrir los elementos más largos (que son a menudo objetivos para las mejoras, ya que ocupan la mayor parte del tiempo total) y los que causan un alto grado de fatiga, para fijar más exactamente los suplementos por este motivo (véase Apartado 6.4.1.8).
- Para poder descubrir el tiempo improductivo y separarlo del productivo.
- Para separar los elementos manuales de los mecánicos.
- Para ver si hay elementos muy repetitivos, que pueden servir para el establecimiento de tiempos normalizados (véase Apartado 6.4.2).

En términos generales y *para una adecuada descomposición de la tarea* a estudiar en elementos, deberán tenerse en cuenta las siguientes reglas:

- Deben ser fáciles de identificar, con momentos de comienzo y fin claramente definidos e identificables; a dichos instantes se les denomina *puntos de ruptura* (*break points*) y pueden venir dados por un sonido, un movimiento, etc.; de esa forma los errores de medición resultan despreciables, pudiendo considerarse nulos en los marcados por el sonido (Lazarus, 1950, pág. 15).
- Deben ser lo más cortos posibles, con la única limitación de que un analista experto pueda medirlos adecuadamente.
- Las operaciones elementales deberán ser tan unificadas como sea posible.
- Los tiempos de trabajo manual deben separarse de los de trabajo máquina.
- Deben separarse los elementos constantes de los variables.
- Los elementos regulares deben separarse de los irregulares y de los extraños.
- La división, definición y descripción de los elementos tienen distinta consideración dependiendo de si se analizan lotes pequeños de producción (de fabricación poco frecuente) o trabajos de gran producción. Los primeros no necesitan una descripción tan detallada de los elementos; en los segundos el esfuerzo invertido en dicha descripción resulta rentable por el gran número de unidades producidas. También habrán de tenerse en cuenta los tipos de movimiento que exigen (por ejemplo: los traslados requieren menos detalle en la descripción que los movimientos de manos o brazos).

6.4.1.3. *Examinar la división mencionada*

El objeto es comprobar si se están utilizando los mejores métodos y movimientos; ello deberá hacerse durante varios ciclos para comprobar que se cumplen los requisitos exigidos.

6.4.1.4. *Determinar el número de lecturas o ciclos a realizar para medir la tarea*

Tras identificar los *elementos* y tareas que constituyen un *ciclo* completo, hay que decidir cuántos ciclos van a ser medidos. Para ello, debe tenerse en cuenta que el número a observar es función de tres elementos: la variabilidad de los tiempos observados, la precisión o exactitud deseada y el nivel de confianza deseado para el tiempo de trabajo a estimar. Después de medir de 10 a 20 ciclos, el número de ellos a cronometrar se puede determinar mediante una fórmula o un gráfico. Los

valores extremos, tanto superior como inferior, deben ser descartados y no usados en la estimación de la variabilidad de los datos porque pueden representar lecturas erróneas. Si suponemos que es aplicable la distribución de probabilidades normal[11], debe determinarse un nivel de confianza (que suele ser del 95 por 100), y un error (o bien una precisión determinada). Por ejemplo, la expresión 95 por 100 $\pm$ 5 por 100 significa que hay un 95 por 100 de probabilidad de que la media de la muestra no se desviará en más de un 5 por 100 de la media de la población. De esta forma, la expresión del **número de observaciones a realizar**, n, para alcanzar la exactitud deseada, sería:

$$n = (z\sigma/A\bar{x})^2 \qquad [2]$$

donde z es el valor obtenido en las tablas de la normal para el nivel de confianza deseado, $\bar{x}$ es la media de los tiempos cronometrados en la muestra, A es la precisión o error deseado (en porcentaje) y *σ es la desviación típica de la muestra*, basada en las observaciones que se han hecho. Esta última puede ser determinada como:

$$\sigma = \sqrt{\Sigma (x_i - \bar{x})^2/(n' - 1)} \qquad [3]$$

donde n' es el número de observaciones realizadas preliminarmente. Una vez que se realicen las n observaciones, el analista puede, si lo desea, recalcular el valor de n usando los valores revisados de ($\bar{x}$, σ).

La forma más fácil de determinar el valor de n es, sin embargo, el uso de gráficos (véase Figura 6.8 (Dilworth, 1993, pág. 661)), que suelen ofrecer un valor de n para un nivel de confianza del 95 por 100 o del 99 por 100 de que la media de la muestra no se desviará en más del 5 por 100 del valor real. Una vez realizadas varias observaciones previas, los pasos a seguir son los siguientes:

- Calcular $\bar{x}$.
- Determinar σ (desviación típica de la muestra).
- Calcular el coeficiente de variación, CV, como $\sigma/\bar{x}$.
- Llevar el valor de CV al eje de abscisas, trasladándolo hasta la curva deseada de nivel de confianza para obtener el valor de n en el eje de ordenadas.

6.4.1.5. *Medir y registrar el tiempo observado*

Se trata aquí de medir y registrar el **tiempo observado** o invertido por el operario u operarios en la realización de cada elemento de la operación. Las unidades de tiempo más utilizadas son el segundo, la centésima de minuto y la diezmilésima de hora. El instrumento normalmente más usado en la medición es el cronómetro, existiendo dos tipos de cronometraje. En el primero, que se denomina *cronometraje acumulativo*, el cronómetro se pone en funcionamiento al principio del primer elemento del primer ciclo que se mide y no se detiene hasta que se concluyen todos los ciclos que se vayan a observar. Al finalizar cada elemento, se

[11] A lo cual llegamos mediante la aplicación del Teorema Central del Límite (véase, por ejemplo, Novales, 1993, págs. 42-43).

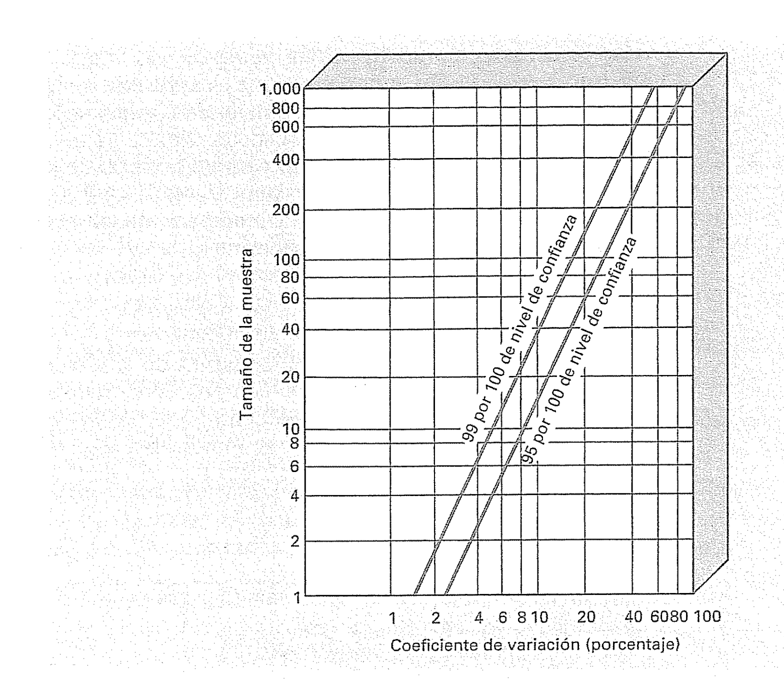
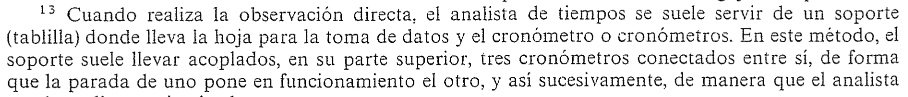


Figura 6.8. Gráfico para estimar el tamaño de la muestra necesario con un ±5 por 100 de exactitud para los valores dados del coeficiente de variación.

registra el tiempo marcado en el cronómetro y, una vez concluido el estudio, se calcula el tiempo de cada elemento por diferencia entre lecturas sucesivas[12]. El segundo tipo es el *cronometraje de vuelta a cero*, en el que, como en el caso anterior, el cronómetro se pone en marcha al principio del primer elemento del primer ciclo; al final del elemento se hace la lectura del tiempo y se vuelven a cero las manecillas, empezando la medida del segundo elemento desde cero[13].

Cada método tiene sus ventajas e inconvenientes aunque, para evitar errores, muchas empresas utilizan el cronometraje acumulativo. Las clases de *errores* que podemos encontrar son de dos tipos: *sistemáticos* (tiempo de reacción del analista, tiempo de pulsación, tiempo de vuelta a cero, punto inicial distinto de cero, el cronómetro adelanta o atrasa) y errores *accidentales* (error de lectura del analista, variaciones en la rapidez de reacción del analista, pulsación fija).

Tradicionalmente se han utilizado también otros instrumentos de medida, como la cámara cinematográfica y el cronógrafo. Actualmente hay otros métodos que permiten tomar los tiempos y ritmos de manera clara y precisa, sin que distraigan al analista de la observación de la tarea. Una innovación fue la utilización del cronómetro digital en lugar del analógico, con las ventajas que ello implica; pero el desarrollo más importante ha venido de la mano de los microordenadores («notebooks» en especial) y calculadoras programables, para los cuales



[12] Para facilitar la lectura de forma continua se emplea el cronómetro de aguja retrapante.

[13] Cuando realiza la observación directa, el analista de tiempos se suele servir de un soporte (tablilla) donde lleva la hoja para la toma de datos y el cronómetro o cronómetros. En este método, el soporte suele llevar acoplados, en su parte superior, tres cronómetros conectados entre sí, de forma que la parada de uno pone en funcionamiento el otro, y así sucesivamente, de manera que el analista puede realizar mejor las lecturas.

existe en el mercado una gama de software específico para el estudio de tiempos, con una considerable cantidad de opciones y posibilidades. De esta forma, lo único que se requiere es introducir el dato de la actividad o ritmo desempeñado por el operario en cada elemento e indicar cuándo tienen lugar los *puntos de ruptura*. Con esta información, el ordenador se encarga de hacer todos los cálculos. Se ha establecido que el uso de los microordenadores, junto con el software adecuado, puede ahorrar aproximadamente un 80 por 100 del tiempo que comúnmente se emplea en realizar el estudio de tiempos (Muhlemann y otros, 1992, página 256).

6.4.1.6. *Evaluar el ritmo observado y compararlo con el ritmo tipo*

La evaluación del nivel de actuación, ritmo o actividad, se hace simultáneamente a la medición de tiempos, pero en las hojas de tiempos se debe situar antes de la columna del **tiempo observado,** t_o, con objeto de efectuar la evaluación mental antes de leer el tiempo empleado por el operario en la realización del elemento. Con esto se intenta evitar que se determine el ritmo a través de t_o.

El objetivo final es determinar el **tiempo tipo** (véase Apartado 6.4.1.9), el cual puede ser alcanzado por un trabajador cualificado promedio a lo largo de toda la jornada de trabajo. Para ello hay que tener en cuenta que la velocidad variará con cada operario; así, sería injusto e irreal fijar como tiempo para la tarea el desarrollado por los operarios rápidos (además no se cumplirían los programas basados en ellos). Por el contrario, si se fija como tiempo el empleado por los lentos, no sería justo para la empresa que tiene que pagar (además, ello bajaría el rendimiento de ésta). Es pues importante establecer un ritmo tipo con objeto de facilitar la comparación con el **ritmo observado** en la realidad. De esta forma se facilitará el ajuste de los tiempos observados al tiempo requerido por una persona trabajando a ritmo tipo (actividad óptima) o a actividad normal; éste se utilizará como base realista en la planificación y el control y en los sistemas de primas (véase Apartado 6.6). El **ritmo tipo** sería aquél que obtiene un trabajador cualificado como promedio de su jornada sin excesiva fatiga, siempre que conozca y respete el método a emplear y esté bajo el estímulo de un incentivo. El **ritmo normal** correspondería al de un trabajador medio que no esté bajo el estímulo de un incentivo. Es obvio que el primero será mayor que el segundo, habiéndose puesto de manifiesto que la actividad óptima es 4/3 de la normal (Castanyer, 1988, pág. 96). En función de esto, en una escala de 0 a 100, este último valor se correspondería con el ritmo tipo, siendo 75 el valor del ritmo normal. No obstante, esta escala, denominada Británica o BS (British Standard), no es la única existente. En nuestro país es ampliamente usada la Bedaux, que hace corresponder el ritmo tipo al valor 80 y el normal al 60. Otra escala muy usada es la 100-133 (véase Cuadro 6.5[14]). Lo cierto es que no hay un criterio universal de lo que es *tipo* y lo que es *normal*, lo cual lleva a claras diferencias entre las consideraciones de las empresas. Un patrón muy difundido para el ritmo tipo es «la velocidad de movimientos de las extremidades de un hombre de físico corriente que camine sin carga, en terreno llano y en línea recta a 6,4 km/h» (OIT, 1977, página 261), que, en el caso del ritmo normal, sería a 4,8 km/h. Otro patrón muy aceptado para el ritmo tipo y muy utilizado en operaciones de manipulación, es el que se debe seguir para repartir una baraja de 52 cartas en cuatro montones

[14] Elaborado a partir de OIT (1977).

Cuadro 6.5. Ejemplos de ritmos de trabajo expresados según las principales escalas de valoración

Ritmo o actividad	Escalas			Descripción del desempeño	Velocidad de marcha comparable (km/h)
	60-80	100-133	0-100 (norma británica)		
	0	0	0	Actividad nula.	
	40	67	50	Muy lento; movimientos torpes, inseguros; el operario parece medio dormido y sin interés en el trabajo.	3,2
Normal	60	100	75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien dirigido y vigilado; parece lento, pero no pierde tiempo adrede mientras lo observan.	4,8
Tipo	80	133	100	Activo, capaz, como de obrero cualificado medio pagado a destajo; logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.	6,4
	100	167	125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, muy por encima de las del obrero cualificado medio.	8
	120	200	150	Excepcionalmente rápido; concentración y esfuerzo intenso sin probabilidad de durar por largos períodos; actuación de «virtuoso», sólo alcanzada por unos pocos trabajadores sobresalientes.	9,6

iguales en un tiempo de 30 segundos (Murdick y otros, 1990, pág. 270) (o de 40 segundos si es actividad o ritmo normal).

Es evidente que, aun aceptando estos patrones, la medición de la actividad desarrollada por un operario, o *ritmo observado*, por comparación con la actividad normal o la tipo, es algo bastante complicado, sobre todo si consideramos que lo que se observa son operaciones más complejas que el caminar o repartir cartas. Ello implica que pueden ser necesarias varias horas para que el analista llegue a establecer su apreciación de ritmo para la tarea a estudiar, lo cual no dejará de ser «una apreciación», sometida a una importante carga subjetiva. La utilización de vídeos y películas de la tarea realizada a diferentes ritmos, que puedan ser estudiados por el analista, o el disponer de abundante información sobre la tarea analizada, son aspectos muy importantes para llegar a una apreciación adecuada que, además, siempre va a depender de la experiencia y práctica que el analista tenga.

6.4.1.7. *Determinar el tiempo normal y el básico de cada elemento*

El **tiempo normal** se define como el necesario para que un trabajador medio realice las operaciones elementales que componen una tarea, trabajando a ritmo normal. Aunque existen dos procedimientos para su cálculo, el aritmético y el gráfico, nosotros nos centraremos en el primero de ellos. La expresión del tiempo normal de un elemento i, t_{Ni}, es la siguiente (J. A. D. Machuca y otros, 1990, pág. 70):

$$t_{N_i} = \Sigma t_i \times f_i \times A_i / \Sigma f_i \times A_N \qquad [4]$$

donde Σt_i corresponde al sumatorio de los tiempos observados, f_i son las frecuencias respectivas de estos tiempos, A_i representa el valor del ritmo observado, Σf_i es el sumatorio de las frecuencias y A_N representa el valor del ritmo o actividad normal (decisión a tomar por el analista, cuyo valor numérico depende de la escala que se utilice en el estudio).

Si se desea calcular el tiempo normal a través de la clasificación que consideraba a los elementos como regulares, irregulares y extraños se utilizará la expresión [1], pero a partir del tiempo normal de cada elemento. Una vez calculados, el tiempo normal de la tarea será la suma de los correspondientes a los elementos que la componen. El tiempo normal así determinado servirá de base para el desarrollo de la planificación y control de la producción y la capacidad trabajando en horas estándar (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 1 y 2).

La razón de calcular el tiempo normal es debida a que el trabajador observado puede trabajar a un ritmo distinto del normal, ya sea por encima o por debajo. Por ejemplo, si un operario trabaja un 10 por 100 más rápido que el ritmo normal, la expresión del tiempo normal se utiliza para añadir un 10 por 100 al tiempo observado. Con esto se consigue obtener el tiempo de un trabajador medio, pero ahora a ritmo normal, de forma que pueda ser aplicado a cualquier operario.

En cuanto al **tiempo básico**, sería el desarrollado por un trabajador cualificado incentivado a actividad tipo, A_T. La única diferencia, pues, vendría dada por la utilización de ésta última en vez del ritmo normal en la expresión [4]. De acuerdo con ello:

$$t_{b_i} = \Sigma t_i \times f_i \times A_i / \Sigma f_i \times A_T \qquad [5]$$

6.4.1.8. *Establecer los suplementos a añadir al tiempo normal o al básico de la operación*

El tiempo calculado hasta ahora, t_N o t_b, se considerará para un ciclo, suponiendo que va a desarrollarse durante toda la jornada laboral, a ritmo normal o tipo, respectivamente. Pero este tiempo sigue siendo irreal y no es aplicable todavía, ya que, durante la jornada laboral, se producen interrupciones debidas a necesidades personales (beber agua, ir al cuarto de baño, etc.), a la fatiga ocasionada por el trabajo (física o mental) o a retrasos inevitables (rotura de máquina, retraso en la llegada de materiales, etc.). Por ello, hay que considerar unos **suplementos**, que se establecen generalmente como un porcentaje del tiempo normal o del básico, al que denominaremos k. Una posible clasificación de suplementos se recoge en el Cuadro 6.6[15], en la que algunos de éstos aparecen entre paréntesis:

6.4.1.9. *Determinar el tiempo tipo de la tarea*

El **tiempo tipo**, t_p es el resultado de añadirle al tiempo básico, t_b, o al normal, t_N, los suplementos correspondientes, k. Podrá adoptar, por tanto, dos formas diferentes, según se parta de uno u otro:

$$t_p = t_b + t_b \times k = t_b \times (1 + k) \qquad [6]$$
$$t_p = t_N + t_N \times k = t_N \times (1 + k) \qquad [7]$$

[15] Elaborado a partir de OIT (1977, págs. 289-311) y de Niebel (1988, pág. 416).

Cuadro 6.6. Clasificación de los suplementos

a) Suplementos que se aplican por elemento	Constantes	Por necesidades personales (5).
		Básico por fatiga, SBF, (4).
	Variables	Se añaden a SBF para distintas situaciones: Trabajar de pie (2), postura anormal (0, 2, 7), levantamiento de pesos y usos de fuerza (de 0 a 22 en función de aquellos), intensidad de la luz (de 0 a 5), calidad del aire (calor y grado de humedad) (de 0 a 10), tensión visual (de 0 a 5), tensión auditiva (de 0 a 5), tensión mental (de 1 a 8), monotonía mental (de 0 a 4), monotonía física (de 0 a 5).
b) Suplementos que se aplican al tiempo total	Retrasos inevitables	Reparaciones, espera de materiales, interferencia de máquinas, interrupciones por inspección, etc.

Se utilizará la primera o la segunda, respectivamente, según la tarea y los trabajadores estén o no sometidos a algún tipo de incentivo salarial (primas, etc.). De esta forma se llega al tiempo tipo de una tarea (véase Ejemplo 6.1), que es el que se emplea para calcular costes, programar, establecer planes de incentivos salariales, etc.

EJEMPLO 6.1. Cálculo del tiempo básico, del número de observaciones de una medición y del tiempo tipo

Se ha realizado un estudio de tiempos al primer elemento de una operación de ensamblaje, mediante el cual se han obtenido los tiempos observados, t_{oi1}, medidos en minutos, que aparecen en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Tiempos observados

Observación	1	2	3	4	5
t_{oi1} (min)	0,5	0,3	0,2	0,4	0,3

El ritmo observado para el elemento ha sido de 95. Considerando el ritmo tipo igual a 100, se desea determinar el tiempo básico, t_{b1}, así como el número de observaciones a realizar, n, para un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión del 5 por 100.

Aplicando la expresión [5] tendremos:

$$t_b = [(0{,}5 \times 1) + (0{,}3 \times 2) + (0{,}2 \times 1) + (0{,}4 \times 1)] \times 95/(5 \times 100) = 0{,}34 \times 0{,}95 = 0{,}323 \text{ min}$$

Por lo que respecta al cálculo del número de observaciones, sería más correcto partir de una muestra de 10 a 20 observaciones, pero, para simplificar, empleamos solamente las de la Tabla 6.1.

$$n = (z\sigma/A\bar{x})^2 = (1{,}96 \times 0{,}11/0{,}05 \times 0{,}34)^2 = 160{,}8 \simeq 161 \text{ observaciones.}$$

Ello indica que el analista debería realizar 156 observaciones más debido a que, previamente, ha efectuado 5.

Conocido el tiempo básico, t_{b1}, del primer elemento, el estudio de tiempos ha reflejado el de los dos restantes que componen la tarea (Tabla 6.2). Se desea determinar el tiempo tipo, t_p, de dicha tarea sabiendo que los suplementos a aplicar son del 12 por 100:

Tabla 6.2. Tiempos básicos

Elementos	1	2	3
Tiempos básicos (min)	0,323	0,56	0,827

$$t_b = 0{,}323 + 0{,}56 + 0{,}827 = 1{,}71 \text{ minutos.}$$
$$t_p = 1{,}71\,(1 + 0{,}12) = 1{,}91 \text{ minutos.}$$

En el Cuadro 6.7 se muestra un ejemplo de estudio de tiempos desarrollado por una empresa del polo químico de Huelva en 1969 para la tarea de limpieza de las cuchillas de una troceadora. La realización de un completo estudio de métodos y tiempos en toda la planta productiva originó, aproximadamente, un incremento de la productividad del 11 por 100.

Cuadro 6.7. Ejemplo de una hoja de estudio de tiempos

EMPRESA DEL POLO QUIMICO DE HUELVA	Operario: M. M.	Fecha: 15-7-1969	Observación n.°: 845
Sección: Parque de madera — Grupo: Afiladora	Observado por: A. M.	Hoja 1 de 1	Comienzo: 11 h
Operación: Limpiar de resina las cuchillas de la troceadora	TIEMPO EN SEGUNDOS		Finalización: 11:16 h
Notas: Se limpia la resina que se acumula en las cuchillas durante el troceo, para poderlas afilar. Se le echa disolvente a la resina y luego se rasca la cuchilla con una espátula, secándola a continuación.			Tiempo transcurrido: 16 min

Operación elemental		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	R.O.P.(1)	T.O.P.(2)	Tiempo básico
1. Echar disolvente	A_i	110	110	100	95	110	75	110	95	110	90	97,26		22,11 × 97,26/ /100 = 21,50
	t_i	17	16	20	27	23	30	16	24	35*	26		(199/9) = 22,11	
2. Rascar resina	A_i	110	95	110	100	95	90	95	110	110	75	97,72		29,6 × 97,72/ /100 = 28,92
	t_i	25	33	29	30	30	34	30	24	25	36		(296/10) = 29,6	
3. Limpiar cuchilla	A_i	110	110	110	110	110	75	110	95	110	90	101,08		25,55 × 101,08/ /100 = 25,83
	t_i	12*	24	23	24	22	31	25	27	26	28		(230/9) = 25,55	

* Indica tiempos descartados por inusuales respecto a los demás		Tiempo básico de la tarea	76,25
(1) Ritmo observado promedio, que se obtiene a través de la fórmula $\Sigma(t_i \times A_i)/\Sigma t_i$.		Suplementos (0,12)	× (1 + 0,12)
(2) Tiempo observado promedio, obtenido de la fórmula $\Sigma(t_i \times f_i)/\Sigma f_i$.	Ritmo tipo = 100	Tiempo tipo de la tarea	85,4

Para calcular el tamaño de la muestra para el elemento número 2 (véase Apartado 6.4.1.4), para un nivel de confianza del 95 por 100 y una precisión del 5 por 100, debemos conocer la media y la desviación típica, que vienen dadas por los valores 29,6 y 4,033, respectivamente. Una vez que tenemos todos los datos, podemos pasar a calcular n:

$$n = (z\sigma/A\bar{x})^2 = (1{,}96 \times 4{,}033/0{,}05 \times 29{,}6)^2 = 28{,}53 \simeq 29$$

Ello indica que deberemos seguir hasta observar 29 ciclos, teniendo presente que ya hemos observado 10.

6.4.2. Datos normalizados

Cuando las empresas realizan los estudios de tiempos, van construyendo las denominadas tablas de tiempos normalizados (bien en papel o bien en una base de datos informatizada) para los tiempos de los elementos que son comunes a muchas tareas. Con estas tablas se pueden calcular los tiempos tipo para trabajos nuevos o también hacer modificaciones en los tiempos para reflejar los cambios que se han hecho en las tareas existentes. Posteriormente, para poder usar los tiempos elementales normalizados se procede en **tres fases**. En la primera, se **analiza la tarea para identificar los elementos**, los cuales se dividirán en constantes y variables. Como se usan diferentes estudios, los tiempos establecidos para un elemento constante pueden diferir, con lo que para utilizar un único valor se suele utilizar la moda. Algo más complejo es el tratamiento en los elementos variables, siendo necesario buscar la ley que relaciona la característica tratada y el tiempo de ejecución de cada elemento. La segunda fase consiste en **utilizar la tabla para buscar los tiempos de los elementos**. Si no aparece exactamente el tiempo de alguno de ellos, se puede utilizar el estudio de tiempos u otras técnicas. En algunas ocasiones se puede emplear la interpolación. La tercera y última fase implica **sumar los tiempos elementales normalizados con el fin de obtener el tiempo normal o básico de la tarea.** Por último, hay que añadir los suplementos con objeto de **calcular el tiempo tipo** de la tarea.

Una alternativa a las tablas son las fórmulas de tiempos, en las que, a través de una expresión algebraica, se intenta relacionar todas las variables en juego, de forma que no haya que acudir a las tablas a buscar los valores necesarios. Como precaución, antes de utilizar las fórmulas es necesario comprobar si ofrecen los valores correctos. Las ventajas e inconvenientes del uso de datos normalizados aparecen en el Cuadro 6.8.

Cuadro 6.8. Ventajas e inconvenientes del uso de datos normalizados

Ventajas	Inconvenientes
○ Ahorro de costes derivado de la no realización de nuevos estudios de tiempos para cada proceso nuevo o cualquier modificación de los ya existentes. ○ Evitar las interrupciones originadas por el estudio de tiempos. ○ Calcular tiempos tipo para nuevas tareas antes de que sean realizadas. ○ Si se utilizan tiempos de estudios previos que están siendo aplicados, hay una mayor garantía de que los valores sean correctos y aceptables, tanto para los trabajadores como para la dirección de la empresa.	○ Puede que los tiempos calculados no tengan la exactitud deseada, sobre todo si hay muchos elementos que no se encuentran en la tabla. ○ Como consecuencia de lo anterior, si tenemos pocos elementos estándar con sus tiempos respectivos, esta técnica no es viable. ○ Como, normalmente, las condiciones de una empresa varían con respecto a las de las otras, es poco aconsejable emplear datos de otra compañía.

6.4.3. Sistema de tiempos predeterminados de los movimientos (STPM)

Mediante la división de una tarea en micromovimientos (con tiempos predeterminados), esta técnica pretende determinar el tiempo tipo de ésta[16]. De esta forma, el cálculo correspondiente implicará:

[16] Véase Prokopenko (1989, pág. 141).

- Descomponer la tarea en micromovimientos o movimientos humanos básicos (por ejemplo: alcanzar, coger, mover, girar, etc.), los cuales derivan de los *therbligs* ideados por Gilbreth.
- Determinar los tiempos normales o básicos de cada micromovimiento mediante alguno de los sistemas disponibles; éstos son el MTM[17], BMT, Work Factor, CSD, TPB, etc. El más utilizado es el MTM (Methods Time Measurement), realizado por la asociación MTM (véase ejemplo en Tabla 6.3[18]), cuya unidad de medida es la TMU, que equivale a 0,00001 horas = 0,0006 minutos = 0,36 segundos.
- Sumar todos los tiempos normales o básicos obtenidos para determinar el tiempo de la tarea y añadir los suplementos correspondientes con el fin de calcular el tiempo tipo, como hemos visto, construido artificialmente (algunos sistemas determinan directamente los tiempos tipo).

La mayoría de los sistemas se han realizado a través de miles de estudios de tiempos en situaciones controladas (se han establecido los tiempos para cada movimiento básico promediando todos los estudiados), lo cual hace que los datos sean muy fiables. El STPM descompone la tarea con mayor detalle que el conseguido por la técnica de datos normalizados con la división en elementos

Tabla 6.3. Tabla 1 de MTM-1 que indica el movimiento alcanzar

Distancia recorrida, pulgadas	Tiempo en TMU				Mano en movimiento		Casos y descripción
	A	B	C o D	E	A	B	
3/4 o menos	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	A Alcanzar un objeto situado en una posición fija, o en la otra mano o sobre el cual se apoya la otra mano.
1	2,5	2,5	3,6	2,4	2,3	2,3	
2	4,0	4,0	6,9	3,8	3,5	2,7	
3	5,3	5,3	7,3	5,3	4,5	3,6	
4	6,1	6,4	8,4	6,8	4,9	4,3	B Alcanzar un solo objeto cuyo emplazamiento puede variar ligeramente de un ciclo a otro.
5	6,5	7,8	9,4	7,4	5,3	5,0	
6	7,0	8,6	10,1	8,0	5,7	5,7	
7	7,4	9,3	10,8	8,7	6,1	6,5	
8	7,9	10,1	11,5	9,3	6,5	7,2	C Alcanzar un objeto mezclado con otros de forma que haya que buscar y seleccionar.
9	8,3	10,8	12,2	9,9	6,9	7,9	
10	8,7	11,5	12,9	10,5	7,3	8,6	
12	9,6	12,9	14,2	11,8	8,1	10,1	
14	10,5	14,4	15,6	13,0	8,9	11,5	D Alcanzar un objeto muy pequeño o un objeto a coger con precisión.
16	11,4	15,8	17,0	14,2	9,7	12,9	
18	12,3	17,2	18,4	15,5	10,5	14,4	
20	13,1	18,6	19,8	16,7	11,3	15,8	
22	14,0	20,1	21,2	18,0	12,1	17,3	E Desplazar la mano hacia una posición indefinida bien para asegurar el equilibrio corporal, bien para realizar el siguiente movimiento, o bien para quitarla de la zona de trabajo.
24	14,9	21,5	22,5	19,2	12,9	18,8	
26	15,8	22,9	23,9	20,4	13,7	20,2	
28	16,7	24,4	25,3	21,7	14,5	21,7	
30	17,5	25,8	26,7	22,9	15,3	23,2	
Adicional	0,4	0,7	0,7	0,6			TMU por pulgada por encima de 30 pulgadas

[17] MTM es la familia de los productos ofrecidos por la asociación MTM, que reúne tiempos predeterminados para distintas actividades: el MTM-HC para empresas sanitarias, MTM-C para tareas de oficina, MTM-V para tareas con máquinas registradoras, etc. El objeto de especificar estos ejemplos es que no debemos de olvidarnos del sector servicios, donde el conocimiento de estos tiempos se hace casi imprescindible.

[18] Tomada de Dilworth (1993, pág. 666).

Cuadro 6.9. Ventajas e inconvenientes del STPM

Ventajas	Inconvenientes
◦ Evitar tener que evaluar la actividad desempeñada por el operario, lo cual es lo más difícil del estudio de tiempos. ◦ No hay alteración de las actividades productivas. ◦ Se pueden emplear tanto en tareas que se están realizando como en las que todavía no se han realizado. ◦ Son universales. ◦ El coste es reducido. Para las empresas sería prohibitivo establecer un sistema propio. ◦ Son generalmente más fiables que los estudios de tiempos realizados en la propia empresa. ◦ Agiliza la realización de los puntos establecidos cuando hacíamos referencia a la utilidad de la medición del trabajo. ◦ Se pueden predecir los efectos de los cambios de métodos. ◦ Son normalmente aceptados tanto por los trabajadores como por la dirección.	◦ El analista debe tener un alto grado de preparación. ◦ Para aplicar el análisis a una tarea manual de 1 minuto de duración, se necesitan aproximadamente 100 minutos de análisis y cálculos. Volviendo a la consideración de coste, se dice que es más costoso que el estudio de tiempos cuando el ciclo de trabajo dura más de 2 minutos. Actualmente, existen muchos sistemas computerizados que ahorran tiempo, como por ejemplo el CSD, la mayoría de la MTM, etc. ◦ Gran dificultad de aplicación a tareas mentales creativas, etc. La medición de trabajos de oficina es bastante difícil, sin embargo, en determinadas ocasiones los STPM se prefieren frente al estudio de tiempos. ◦ En ocasiones, puede que exista un movimiento básico cuyas características particulares no estén en las tablas.

tratada en el Apartado 6.4.1 y, además, es utilizable por las distintas empresas de un sector (a diferencia de los datos normalizados, que eran exclusivos de la empresa que había construido la tabla). La diferencia principal respecto al estudio de tiempos es que no altera las actividades productivas. Las ventajas e inconvenientes de este sistema aparecen en el Cuadro 6.9.

6.4.4. Muestreo de trabajo

El muestreo de trabajo, que fue desarrollado por el estadístico L. H. C. Tippett en 1934, es «una técnica que consiste en efectuar, durante cierto período, gran número de observaciones instantáneas de un grupo de máquinas, procesos o trabajadores. En cada observación se registra lo que ocurre en ese instante; el porcentaje de observaciones correspondientes a determinada actividad o demora da la medida del porcentaje de tiempo durante el cual ocurre ésta» (OIT, 1977, pág. 373). Las principales aplicaciones se centran en el establecimiento de ratios de demoras o retrasos para el personal o el equipo, el cálculo de un índice de desempeño de los trabajadores (con el objeto de realizar evaluaciones periódicas) y en la determinación de tiempos tipo de una tarea. Su puesta en práctica implica desarrollar ocho fases sucesivas, que podrían resumirse como se indica a continuación.

- *Fase 1.* Seleccionar la actividad o actividades a observar.
- *Fase 2.* Tomar una muestra preliminar, de aproximadamente 100 observaciones, para determinar un valor estimado del parámetro p, como cociente entre el tiempo en que el operario está trabajando y el tiempo total: p = = número de observaciones durante las cuales se está trabajando/n.º total. [8]
- *Fase 3.* Calcular el tamaño de la muestra, N, en función de p y de los niveles de confianza y exactitud deseadas, utilizando la expresión: $N = z^2 p(1 - p)/A^2$ [9], donde z es el valor obtenido en las tablas estadísticas para el nivel de confianza deseado (suponiendo que se trabaja con la distribución normal[19]) y A la exactitud deseada (como porcentaje o error máximo absoluto admitido).

[19] Sirva lo dicho anteriormente sobre el Teorema Central del Límite.

- *Fase 4.* Preparar una programación u horario para realizar las observaciones, siendo usual que se determinen observaciones aleatorias (normalmente a través de tablas de números aleatorios).
- *Fase 5.* Observar y registrar la actividad en cuestión, evaluando además el desempeño de los trabajadores o, lo que es lo mismo, obteniendo el ritmo. Lo único que se debe hacer es anotar cuándo se está trabajando y cuándo no, junto con el ritmo correspondiente.
- *Fase 6.* Registrar el número de unidades producidas o servicios realizados durante el porcentaje en el cual se está trabajando.
- *Fase 7.* Determinar el tiempo normal o el básico como: (tiempo total del estudio) × (porcentaje de tiempo de la actividad en que el operario está trabajando) × (ratio del ritmo)[20]/n.º de unidades o servicios generados. [10]
- *Fase 8.* Calcular el tiempo tipo resultante de ajustar el tiempo normal o básico con los suplementos correspondientes (véase expresiones [6] y [7]).

El Ejemplo 6.2 ilustra un caso concreto y el Cuadro 6.10 muestra las ventajas e inconvenientes del muestreo de trabajo frente al estudio de tiempos.

EJEMPLO 6.2. Una ilustración del muestreo de trabajo

Se ha realizado un muestreo de trabajo en la zona de copistería de una papelería durante 60 horas (3600 minutos), obteniéndose un valor de p (número de observaciones durante las que se está trabajando) igual al 75 por 100. El ritmo observado ha sido de 120 y el número de fotocopias realizadas durante el tiempo total del estudio es de 30.000. Los suplementos aplicables son del 13 por 100. Con todos estos datos, se desea calcular el tiempo tipo, teniendo presente que no existen incentivos salariales y que la escala aplicable es la 100-133.

$t_N = (3.600)(0{,}75)(120/100)/30.000 = 0{,}108$ min/fotocopia
$t_p = 0{,}108\ (1 + 0{,}13) = 0{,}122$ min/fotocopia

Cuadro 6.10. Ventajas e inconvenientes del muestreo de trabajo frente al estudio de tiempos

Ventajas	Inconvenientes
◦ Es más barato, ya que el analista puede observar a varios trabajadores simultáneamente. ◦ Los analistas no necesitan utilizar dispositivos de medición de tiempos ni estar tan formados, a menos que se quiera determinar el tiempo tipo. ◦ No se interfiere tanto en la actividad de los operarios. ◦ El estudio se puede retrasar temporalmente sin que tenga un gran impacto en los resultados. ◦ Al realizar observaciones instantáneas durante un largo período, el trabajador casi no tiene posibilidad de variar los resultados del estudio. ◦ La duración del estudio es larga, minimizándose los efectos de las variaciones de corta duración. ◦ Por la facilidad de su aplicación es muy útil en el sector servicios.	◦ Se detallan mucho menos los elementos de la tarea. ◦ En muchos casos no hay ningún registro del método usado por el operario. ◦ No es aconsejable para tareas de ciclo corto y repetitivas, siendo, en este caso, más aconsejable el estudio de tiempos. ◦ Los trabajadores pueden cambiar intencionadamente su actividad cuando notan que están siendo observados, distorsión que es más difícil de producir cuando están bajo una observación continua. ◦ Si el analista no sigue las rutas aleatorias establecidas para la observación y los momentos aleatorios para realizar la observación, el muestreo estará sesgado. ◦ Se necesita mucho tiempo para ir desplazándose entre los distintos puestos de trabajo cumpliendo la aleatoriedad.

[20] La expresión ratio del ritmo hace referencia a la relación entre el ritmo observado y el ritmo normal o el tipo, según los casos.

6.4.5. Estimación

Gracias a sus conocimientos y experiencias, un analista puede determinar aproximadamente los tiempos, incluso de tareas que no conozca en profundidad. Así pues, la técnica de estimación no es una técnica de medición propiamente dicha. Se suele utilizar en trabajos no repetitivos. El gran inconveniente es que el tiempo determinado es normalmente poco exacto, pudiendo tener errores considerables, comprendidos entre un 10 y un 20 por 100. Por tanto, se debe utilizar únicamente cuando no se dispone de otra forma de medir el tiempo.

6.4.6. Conclusión a las técnicas de medición

La utilización de una u otra técnica va a depender de las preferencias y necesidades de la empresa que desea realizar la medición. Sin embargo, hay algunas reglas que pueden ayudar a la elección (Starr, 1989, pág. 379):

- El estudio de tiempos es aplicable a ciclos de trabajo de corta duración, a operaciones repetitivas que se realizan en la empresa y que, por tanto, pueden ser observadas.
- El muestreo de trabajo puede usarse para ciclos de trabajo de larga duración, operaciones repetitivas que están siendo realizadas en la empresa, de forma que se puedan observar. El ciclo a estudiar debe ser estable.
- Las técnicas indirectas se emplean en trabajos no repetitivos, no cíclicos, así como en aquellos que todavía no se han realizado por la empresa, lo que provoca que no puedan ser observados directamente.

Por último, se debe tener en cuenta que el tiempo normal o básico de una tarea disminuye a medida que los trabajadores adquieren experiencia en su realización, por lo que este efecto debe preverse al fijar los tiempos mencionados[21].

6.5. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA MEDICION DEL TRABAJO EN LOS TRABAJOS DE OFICINA Y EN LAS EMPRESAS DE SERVICIOS

Las técnicas analizadas anteriormente fueron concebidas para operaciones de producción y no de servicios; es decir, estaban destinadas a los operarios que intervenían directamente en el proceso productivo. Actualmente, las empresas no se conforman con la mejora y el control de la productividad de los operarios anteriormente citados ya que es evidente que también los empleados de las oficinas influyen en gran medida en ésta, encontrándose las empresas de servicios en la misma situación. En estos casos se plantea una problemática adicional, como consecuencia de las características de este tipo de actividades, donde suele producirse (Muhlemann y otros, 1992, pág. 257):

- Trabajo creativo, siendo imposible medir el acto de pensar.
- Irregularidad en el trabajo, que no tiene una secuencia definida de antemano en la mayoría de los casos (por ejemplo: secretaria del director).

[21] Véanse las curvas de aprendizaje en el Capítulo 5.

- Prejuicios. Respecto a este tema, hay que desterrar la idea de que los trabajadores de oficinas son superiores a los operarios de la planta productiva y que, por tanto, no deben ser sometidos a la «indignidad» de la medición del trabajo.

Así pues, no será posible conseguir la misma exactitud que la derivada de la medición de las tareas que se desarrollan en las plantas productivas. Tampoco debe olvidarse que las tareas mentales son sólo un porcentaje del tiempo de trabajo y que hay muchos oficios del sector servicios en que es casi inexistente (por ejemplo: cajeros de supermercado, operadores de teléfono, etc.), de los cuales se espera que hagan un trabajo repetitivo en el menor tiempo posible. Sin embargo, hay otras actividades, como la sanidad, en que no cuenta tanto la cantidad como la calidad (por ejemplo: enfermera que ayuda en la consulta de un médico de hospital). No obstante, para realizar la medición deseada, podrá utilizarse cualquiera de los métodos analizados anteriormente, incluyendo la automedición por parte del empleado[22] (Dilworth, 1993, pág. 668), aunque los más utilizados son los sistemas de tiempos predeterminados de los movimientos (además de los mencionados anteriormente, podemos citar el *Master Clerical Data*, el *Clerical Standard Data*, etc.) y el muestreo de trabajo.

6.6. METODOS DE COMPENSACION

La **compensación** nace con el objetivo de motivar a los empleados y obtener elevados niveles de desempeño y satisfacción. Se lleva a cabo mediante las «recompensas», las cuales pueden ser de dos tipos:

- *Intrínsecas*, que son las internas a los propios trabajadores y están relacionadas con la percepción del propio trabajo (por ejemplo: la autoestima, la sensación de la consecución de un nivel especial de conocimientos, etc.).
- *Extrínsecas*, que son las no internas (por ejemplo: los salarios, vacaciones, aportaciones a planes de pensiones, seguros, coches o viviendas cedidas por la empresa, etc.). Estas son más fáciles de controlar por la Dirección que las intrínsecas.

Los métodos de compensación deben ser diseñados con gran cuidado, en orden a conseguir los objetivos para los que se definen, existiendo dos formas básicas que comentamos seguidamente.

6.6.1. Métodos convencionales

Dentro de estos métodos, el salario por horas trabajadas es el más utilizado para retribuir a los empleados, teniendo únicamente en cuenta el tiempo de duración de la jornada laboral para un puesto de trabajo determinado; otros, que normalmente se añaden al anterior, son el complemento por antigüedad y el de méritos. Estos métodos convencionales son ampliamente utilizados para trabajos de oficina, aunque también se utilizan para el personal de producción. Las **ventajas** que conllevan son, entre otras:

[22] Se basa en solicitar a los trabajadores, generalmente de oficinas, que registren ellos mismos los tiempos que emplean en desempeñar las tareas.

- La facilidad del cálculo del coste de mano de obra.
- La aceptación por parte de los trabajadores, al tener fijado el salario y no estar sometidos a la presión de un sistema salarial basado en el output conseguido.
- Su idoneidad en trabajos en los que es muy difícil medir el output, tales como los trabajos creativos, o algunos otros que incluyen actividades irregulares o tienen formas diferentes de output.

Pero no todo son ventajas y, en otras ocasiones, puede ser conveniente la utilización de incentivos salariales, los cuales pasamos a analizar.

6.6.2. Métodos de Incentivos Salariales[23]

Compensan a los empleados, individualmente o como grupo, por la cantidad de output generado durante un período de tiempo. De este modo, los trabajadores pueden ver que sus esfuerzos están en relación con el salario que obtienen ya que pueden ganar más que con los sistemas convencionales, donde su esfuerzo no es tenido en cuenta. Esto origina normalmente que los empleados produzcan una cantidad mayor que con los métodos anteriormente mencionados; por otro lado, la empresa consigue reducir el coste unitario del producto, al producirse más cantidad con los mismos costes. Como inconvenientes principales se encuentran la necesidad de medición del output, la dificultad en la programación, la dificultad en el cálculo del incentivo, etc.

Estos métodos pueden clasificarse en:

- *Planes de Incentivos Individuales*, en los que se paga al empleado únicamente por su desempeño. Actualmente, la utilización de estos planes va acompañada normalmente de la fijación de un salario mínimo, sin tener en cuenta el output, con objeto de darle una seguridad a los trabajadores. Entre ellos, se encuentran el plan a destajo, el plan de hora estándar, etc.
- *Planes de Incentivos de Grupo*, por los que el grupo de empleados es remunerado de acuerdo con el output conseguido, en algunos casos, y por la combinación de output, participación en los beneficios, ahorros de costes, etc., en otros. Entre los distintos planes destacan el Plan Scanlon, el Plan Lincoln, el Plan Kaiser, el Plan de Participación en Beneficios, etc.

6.7. CONSIDERACIONES FINALES

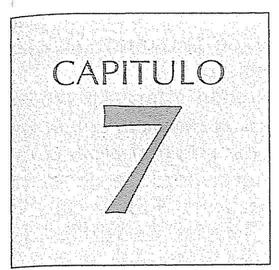
En este capítulo hemos analizado diversos factores determinantes en el diseño del proceso, concretamente el diseño y la medición del trabajo junto con la compensación. En el diseño del trabajo no sólo hemos considerado el aspecto técnico a través del estudio de métodos (gráficos y diagramas), ergonomía, etc., sino que también hemos incluido técnicas referentes al comportamiento humano con el objetivo de diseñar un trabajo que, además de eficiente, sea motivador y enriquecedor, tanto para los operarios como para la empresa, teniendo presente el problema del grado de especialización. Una vez que se ha diseñado el trabajo, es decir, las tareas que deben ser realizadas, así como su secuencia, se

[23] Para un mayor desarrollo véase Lawler (1990).

ha procedido a la medición de éstas con objeto de establecer la cantidad de tiempo necesaria para llevarlas a cabo, ya que ésta es una información vital para realizar la programación de la producción, estimaciones de costes, establecer métodos de compensación, etc. Para ello se han analizado diversas técnicas, cuya utilidad depende de la situación estudiada. Por último, destacar la importancia de los planes de incentivos salariales como recompensa a los esfuerzos realizados por los operarios, los cuales implican mejoras, tanto para ellos como para la organización.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ADAM, E. E., y EBERT, R. J.: «Production and Operations Management. Concept, Models and Behavior», Prentice Hall, 1992.
AQUILANO, N. J., y CHASE, R. B.: «Fundamentals of Operations Management», Richard D. Irwin, Inc., 1991.
BARNES, R. M.: «Motion and Time Study», John Wiley & Sons, 1968.
BARNES, F. C.: «Principles of Motion Economy: Revisited, Reviewed, and Restored», Proceedings of the Southern Management Association Annual Meeting, 1983.
CASTANYER FIGUERAS, F.: «Cómo mejorar la productividad en el taller», Marcombo, 1987.
CASTANYER FIGUERAS, F.: «Control de métodos y tiempos», Marcombo, 1988.
DILWORTH, J. B.: «Production and Operations Management. Manufacturing and Services», McGraw-Hill, 1993.
GAITHER, N.: «Production and Operations Management», The Pryden Press, 1992.
HEIZER, J., y RENDER, B.: «Production and Operations Management», Allyn and Bacon, 1991.
HERZBERG, F.: «One More Time: How Do You Motivate Employees?», *Harvard Business Review*, septiembre-octubre, 1987.
HICKS, P. E.: «Industrial Engineering and Management. A New Perspective», McGraw-Hill, 1994.
HILL, T.: «Production/Operations Management. Text and Cases», Prentice Hall, 1991.
HOERR, J.: «Getting Man and Machine to Live Happily Even After», *Business Week*, abril 20, 1987.
HOPEMAN, R. J.: «Administración de Producción y Operaciones», CECSA, 1990.
KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations Management. Strategy and Analysis», Addison-Wesley, 1990.
LAWLER, E. E. III: «Strategic Pay: Aligning Organization Strategies and Pay Systems», Jossey-Bass, 1990.
LAZARUS, I. P.: «The nature of stop-watch time study errors», *Advanced Management*, vol. 15, n.° 5, mayo 1950.
MACHUCA, J. A. D.; DURBÁN OLIVA, S., y MARTÍN ARMARIO, E.: «El Subsistema productivo de la empresa», Pirámide, 1990.
MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; MACHUCA, M. A. D.; RUIZ, A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1994.
MCCLAIN, J. O.; THOMAS, L. J., y MAZZOLA, J. B.: «Operations Management. Production of Goods and Services», Prentice Hall, 1992.
MEREDITH, J. R.: «The Management of Operations: a Conceptual Emphasis», John Wiley & Sons, 1992.
MUHLEMANN, A.; OAKLAND, J., y LOCKYER, K.: «Production and Operations Management», Pitman, 1992.
MURDICK, R. C.; RENDER, B., y RUSSELL, R. S.: «Service Operations Management», Allyn and Bacon, 1990.
NIEBEL, B. W.: «Motion and Time Study», Irwin, 1988.
NOVALES, A.: «Econometría», McGraw-Hill, 1993.
OIT: «Introducción al Estudio del Trabajo», Ginebra, 1977.
PROKOPENKO, J.: «La gestión de la productividad, manual práctico», Oficina Internacional del Trabajo, 1989.
SCHROEDER, R. G.: «Administración de Operaciones», McGraw-Hill, 1992.
STARR, M. K.: «Managing Production and Operations», Prentice Hall, 1989.
STEVENSON, W. J.: «Production/Operations Management», Richard D. Irwin, 1990.
TAYLOR, F. W.: «Scientific Management», Harper & Row, 1911.
TIPPETT, L. H. C.: «Statistical methods in textile research, parte 3.ª: "Snap reading method of making time studies of machines and operatives in factory surveys"», Manchester: Shirley Institute Memoirs, vol. 13, n.° 4, 1934.
TOMES, A., y HAYES, M.: «Operations Management. Principles & Practice», Prentice Hall, 1993.



LA DECISION DE CAPACIDAD A LARGO PLAZO

7.1. INTRODUCCION A LA PROBLEMATICA DE LA CAPACIDAD: CONCEPTO E IMPORTANCIA

Aunque existen diferentes matices a la hora de hablar de la **capacidad**, se da un denominador común a la hora de definirla. Este lleva a considerarla como la *cantidad de producto o servicio que puede ser obtenido en una determinada unidad productiva durante un cierto período de tiempo*. Esta definición es válida desde el nivel de la empresa en su conjunto hasta el de una simple estación o puesto de trabajo y en ella es importante recalcar la dimensión temporal a que se refiere.

En el contexto del presente capítulo, enmarcado en el diseño del subsistema productivo, **consideraremos únicamente la capacidad a largo plazo**[1] (con un horizonte temporal de al menos dos años), la cual estará fundamentalmente marcada por la estructura fija de la empresa. Es por ello que las decisiones sobre cambios en la capacidad a largo plazo son de tipo estructural y suelen implicar importantes inversiones[2], debiendo ser tomadas al más alto nivel de la Dirección empresarial. La importancia de dicha decisión es enorme, tanto más cuando, una vez ejecutada, es difícil de alterar sin incurrir en elevados costes. En gran medida, marcará la posibilidad de respuesta de la empresa al mercado, el coste de sus estructuras y también, como iremos viendo más adelante, otros aspectos vitales, tales como su política de inventarios, las características de la fuerza de trabajo, etc. Puede decirse que condiciona los límites de la competitividad de la firma; su falta puede provocar disminución del servicio y pérdida de clientes, reducción de la cuota de mercado, decremento del nivel de calidad, etc.; su exceso puede llevar a una disminución de precios para estimular la demanda, a mantener equipos y personal ocioso, a un exceso de inventarios, etc., con el consiguiente perjuicio en los márgenes obtenidos[3]. Lo dicho anteriormente no debe hacernos pensar que un cierto volumen de estructura fija implique necesariamente una determinada capacidad a largo plazo. De hecho, puede ocurrir que una empresa mantenga como estrategia la subcontratación de una parte de las actividades necesarias

[1] En J. A. D. Machuca y otros (1994, parte I), se aborda la problemática del medio y corto plazo.
[2] Como ejemplo, podemos mencionar que la inversión en Estados Unidos en nuevas plantas y equipos fue de 400 billones de dólares en 1990, siendo realizada por empresas de servicios el 62 por 100 de la misma (Krajewski, 1990, pág. 227).
[3] Sobre un caso real de problemas de exceso de capacidad a nivel internacional puede verse Ruesga, 1984.

para la consecución de los productos finales. Lógicamente, para llegar a una cierta capacidad, dicha firma necesitaría un menor volumen de estructura fija que otra que realizase todas las actividades del proceso productivo.

Es interesante resaltar que la determinación de la capacidad a largo plazo es una *decisión compleja*, no sólo en sí misma, sino por su *interdependencia con otras decisiones* importantes *de diseño*, como pueden ser las que se refieren al *producto* y al *proceso* productivo o a la *localización* de las instalaciones. Por ello debe ser contemplada dentro del conjunto de decisiones estratégicas del Subsistema de Operaciones. Asimismo, tendrá una influencia crucial sobre las decisiones de capacidad a medio y corto plazo. Su determinación, tanto en el momento actual como en el futuro, implica la comparación de las necesidades de capacidad a largo plazo con las disponibilidades actuales y previstas. Es por ello que, antes de seguir adelante, conviene hacer algunas precisiones sobre las **unidades de medida de capacidad** a largo plazo y sobre su concepto.

En la definición dada inicialmente, la palabra producto o servicio debe considerarse en sentido amplio *como salida/output* de la firma. Para muchas empresas resulta fácil emplear una *medida de capacidad agregada* especialmente en procesos claramente repetitivos, como por ejemplo, automóviles/año, barriles de cerveza/año, toneladas de cemento/mes, kilómetros/año. Sin embargo, en otras ocasiones (como puede ser el caso de una fábrica de electrodomésticos, de un taller de reparaciones, de un hospital o de un restaurante) nos encontramos con compañías que se dedican a la fabricación de múltiples productos o que administran diversos tipos de servicios, con procesos menos repetitivos. En dichas circunstancias, resulta difícil encontrar una medida común claramente representativa, pues una determinada capacidad puede dar lugar a infinitas combinaciones posibles en cuanto a cantidades de los productos o servicios mencionados. Sabemos que, para un determinado sistema productivo, la cantidad de producto o servicio obtenido en un período de tiempo depende de los recursos disponibles para su obtención. Este hecho hace que, en el caso mencionado, pueda encontrarse una salida al problema de la *medición de la capacidad.* Esta consistiría en definirla (sobre todo en el medio y corto plazo), *desde el lado de los inputs,* como *cantidad de recursos disponibles en un cierto período de tiempo* (por ejemplo: horas máquina/mes, horas hombre/mes, etc.). En cualquier caso, a nivel estratégico, que es donde nos situamos ahora, es conveniente contar, cuando ello sea posible, con alguna medida agregada de capacidad del lado de los outputs, pero cuidando de que, en su caso, ésta incorpore, de alguna forma, la diversidad de los mismos (por ejemplo: millas-asiento/mes en el caso de unas líneas aéreas o clientes servidos/día en el de un restaurante) (véase J. A. D. Machuca y otros, 1984, Capítulo 2.)

7.2. LAS DECISIONES SOBRE CAPACIDAD Y ALGUNOS FACTORES INFLUYENTES

Las preguntas básicas a resolver al tomar la decisión sobre capacidad son **cuánta** y **cuándo** se necesita. También debemos hacernos otra pregunta, interrelacionada con las anteriores: ¿qué **tipo** de capacidad hace falta? La respuesta a esta última cuestión depende directamente del (de los) producto(s) o servicio(s) que la empresa haya elegido para desarrollar su actividad (véase Capítulo 4).

Para responder a dichas cuestiones siempre encontraremos en la vida de una empresa una **decisión inicial** seguida de un conjunto de **decisiones sucesivas,** interrelacionadas con la primera, las cuales perseguirán adecuar la capacidad

disponible a la necesaria en función de la demanda que la empresa desee satisfacer en el futuro. La frecuencia de estas últimas decisiones puede ser muy variable según el tipo de empresa y el sector al que pertenezca, dependiendo de factores como la estabilidad de la demanda, la velocidad del cambio tecnológico en equipos o/y productos, las características de la competencia, etc. Las condiciones que rodean la decisión inicial en la fase de creación de una empresa se caracterizan por una mayor incertidumbre; ello se debe a que la información poseída procede de estimaciones que suelen ser menos fiables que las que se pueden tener en el caso de una empresa en funcionamiento. Los ajustes posteriores de capacidad implican una reducción de dicha incertidumbre pues se conocen mejor los productos, los procesos, los costes, el mercado y el resto de posibles factores influyentes.

Esta adecuación continua entre capacidad disponible y necesaria se denomina **planificación y control de la capacidad**[4], la cual consiste en realizar la conversión de los planes y programas de producción en necesidades de capacidad, estimar la capacidad disponible y desarrollar las acciones pertinentes para la adecuación de ambas (Wemmerlöv, 1984, pág. 6). Esta actividad debe llevarse a cabo tanto a largo, como a medio y corto plazo (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, parte I), dependiendo de los mismos el tipo de soluciones que se adopten. En el ámbito del largo plazo, que es el que interesa en el presente capítulo, la dificultad en las previsiones suele ser grande (piénsese en la posible evolución de la demanda, de los productos y servicios, de la tecnología, etc.), lo cual complica las decisiones sobre capacidad (véase Cuadro 7.1). Estas suelen estar marcadas por dos posibilidades: **la expansión** o la **contracción** de las instalaciones, en función de las condiciones actuales y previstas. En ese sentido podemos citar, por ejemplo, la estrategia de contracción de Volkswagen (octubre, 1993) y de Suzuki (febrero/marzo, 1994) en España o la expansión de Toyota en Estados Unidos en 1990, en contraste con la contracción de General Motors el mismo año y en el mismo país. En el Cuadro 7.1 se comentan algunos casos concretos acaecidos en España.

Cuadro 7.1. Problemas relacionados con la capacidad y la demanda: Algunos casos en España

El problema de la crisis de demanda en el sector del automóvil afectó en los 90 tanto a las empresas de fabricación como a las de servicios. Respecto a las primeras podemos recordar el caso de la contracción en Seat/Volkswagen: «Las 9600 bajas laborales que prevé el plan de la multinacional alemana para la Zona Franca se realizarán con 3000 prejubilaciones incentivadas, la no renovación de 1500 contratos temporales y el traspaso de 4500 trabajadores a un parque industrial creado a instancias de la Generalidad. Los expedientes de regulación de empleo para la empresa que preside Juan Llorens, presentados oficialmente, cuentan con el rechazo de las centrales sindicales y de las decenas de miles de manifestantes que el pasado martes salieron a la calle» (*Mercado*, n.° 607, pág. 8, 22/11/93).

O el caso de General Motors (G.M.), que afronta la crisis con una estrategia diferente: «no deja de causar revuelo el anuncio realizado por G. M. de mantener la totalidad de su plantilla en España con el simple recurso a un nuevo sistema de organización industrial. Trabajo en equipo es la expresión clave. La filosofía de este nuevo sistema de organización del trabajo se basa en renovar la cultura corporativa, simplificar la producción y crear un clima de confianza mutua dentro de la empresa que sustituya las líneas jerárquicas tradicionales, fomentando el análisis y toma de decisiones por con-

[4] Esta es la denominación más extendida, aunque algunos autores emplean también el término Gestión de la Capacidad.

senso de los propios equipos de trabajo» (*Ibídem*, página 47). Lógicamente, en un mundo caracterizado por la globalización de la producción, la estrategia mencionada no se planteó sólo en España: «La fábrica de G.M. en Córdoba (Argentina) pretende convertirse en un modelo, en el prototipo de una nueva generación de fábricas de automóviles basado en un nuevo concepto de organización y dirección. Un centro dotado de una sofisticada mecanización de todas las tareas rutinarias y con un número de empleados relativamente pequeño, versátiles en sus funciones, capaces de trabajar en equipo» (J. M. Fuentes, presidente de Development Systems —consultora española—, *Ibídem*, pág. 47).

En cuanto a las empresas de servicios, podemos traer a colación al subsector de la distribución del automóvil. El secretario general de la Federación de Asociaciones de Concesionarios de la Automoción (Faconauto) decía que no debía seguir aumentando la dimensión de la red de distribución «sino que debía adecuarse a la cifra de ventas previsible y al parque que va a existir». Sin embargo, dicha previsión no es fácil, y de ahí lo complejo y arriesgado de la determinación de la correcta capacidad a largo plazo: «La grave crisis de ventas de automóviles ha coincidido, además, con un momento en el que las redes comerciales habían acometido importantes planes de inversión (más de 400.000 millones de pesetas en los últimos cuatro años). Estas inversiones se realizaron, según el secretario general de Faconauto, teniendo en cuenta las previsiones de evolución del mercado, que cifraban las ventas del período 1990-1993 en una banda entre 1.300.000 y 1.500.000 unidades cuando, este año, la cifra real se va a quedar en unos 750.000 vehículos. Estas previsiones de los constructores se basaban en «la necesidad de renovación del parque español, que en el año 89 tenía una media de casi 10 años de antigüedad, y en la baja tasa de motorización de la población nacional» (*Ibídem*, pág. 21).

Los problemas de demanda pueden afectar a muchos sectores, que no siempre reaccionan con el mismo tipo de estrategia. Así, Initec, empresa española de ingeniería reacciona con la *globalización* (véase Capítulos 2 y 13) ante la sobrecapacidad creada por el descenso de inversiones en España: «Necesitamos vender la mayor parte o, como mínimo, la mitad de la capacidad productiva de la empresa en el exterior, porque no hay suficiente demanda en el mercado interior», afirma Fernando Vela, presidente de la citada empresa, lo cual no está exento de riesgo, especialmente cuando este tipo de empresas opta por los países en vías de desarrollo: «Son interesantes los países del sudeste asiático, donde se está produciendo un despegue económico importante y donde faltan infraestructuras e instalaciones». Sin embargo, penetrar en ese mercado tiene sus dificultades para una empresa española. Vela apunta, entre otras, «la lejanía, la falta de tradición exportadora a aquellas zonas y el desconocimiento del mercado»... «El norte de Africa se ha convertido también en un área de expansión de actividad, aunque existan aquí riesgos de tipo político»... «También en Rusia la inestabilidad política supone un riesgo importante y también es negativo el que no siempre funcionen las líneas de crédito que se aprueban pero que a veces tardan en materializarse» (*Ibídem*, pág. 25).

La **contracción**, que, en general, trae consigo cierre de plantas y despido de personal, suele emplearse como último recurso. No hay que olvidar que ello implica sacrificar esfuerzo, instalaciones, capital humano y sus conocimientos, etc. Es por ello que, cuando es posible, los productos cuya demanda va cayendo, son sustituidos por otros nuevos a los que se transfieren los recursos en cuestión (Figura 7.1). Esta sustitución debe ser planificada, desempeñando en ello un papel fundamental la Investigación Comercial y el departamento de Investigación y Desarrollo que, junto con el de Operaciones, deben determinar cómo la capacidad existente puede ser utilizada y adaptada para satisfacer las nuevas demandas. Esta alternancia de productos no implica necesariamente una política conservadora de mantenimiento de la capacidad, pues también puede emplearse en un contexto de crecimiento.

Por lo que se refiere a la **estrategia de expansión**[5], conviene resaltar que lo primero que debe hacerse es asegurarse de que la capacidad actual se está utilizando de la mejor forma posible. Deberá estudiarse, por tanto, si nos encontramos ante una falta de capacidad instalada o ante una defectuosa utilización de la misma, en cuyo caso, habría que proceder primero a corregir los *factores que inciden en el* mayor o menor *aprovechamiento* de la misma. Entre otros, podemos citar:

- **Factores ligados al diseño del Subsistema de Operaciones:** La similitud o la diversidad de los productos o servicios (la primera mejora generalmente el aprovechamiento de la capacidad a través de una más fácil estandarización de métodos y de materiales, influencia el efecto aprendizaje, etc. (véase Apartado 7.3.2); la complejidad del diseño del producto; la calidad permitida por el proceso; la propia capacidad (tipo y cuantía); aspectos de localización (fuentes de energía o de personal, distancia a los mercados, espacios disponibles para expansión, etc.); distribución en planta; etc.
- **Otros factores:** Aspectos humanos (variedad de las actividades, entrenamiento, experiencia, motivación, etc.); aspectos operativos (programación de operaciones, políticas de mantenimiento, gestión de materiales, etc.); causas externas (estándares de producción, influencia sindical, regulaciones sobre seguridad, etc.), entre otros.

Las características de estos y otros factores en las distintas empresas marcarán de forma clara sus estrategias sobre capacidad. El ejemplo de Toyota y General Motors, mencionado anteriormente, muestra cómo dos compañías en el mismo mercado y en el mismo año, tomaron decisiones diametralmente opuestas.

La Figura 7.2 ilustra, para una empresa determinada, la típica función que relaciona los costes unitarios de producción con el volumen de ésta; el mínimo de la curva señala el **óptimo de explotación (OE)**, teóricamente conseguido para una utilización completa de la capacidad. Con volúmenes de producción inferiores a P^*, la infrautilización de los recursos productivos provoca mayores costes unitarios; si, para atender la demanda, debemos desplazárnos a la derecha de P^*, factores como las posibles horas extras, la mayor congestión en las instalaciones, etc., dan lugar a un incremento en los costes. Llegados a ese extremo y suponiendo, por un lado, que estamos ante una utilización máxima de nuestra capacidad y, por otro, que dicha situación va a mantenerse en el tiempo, nos plantearemos la necesidad de expandir.

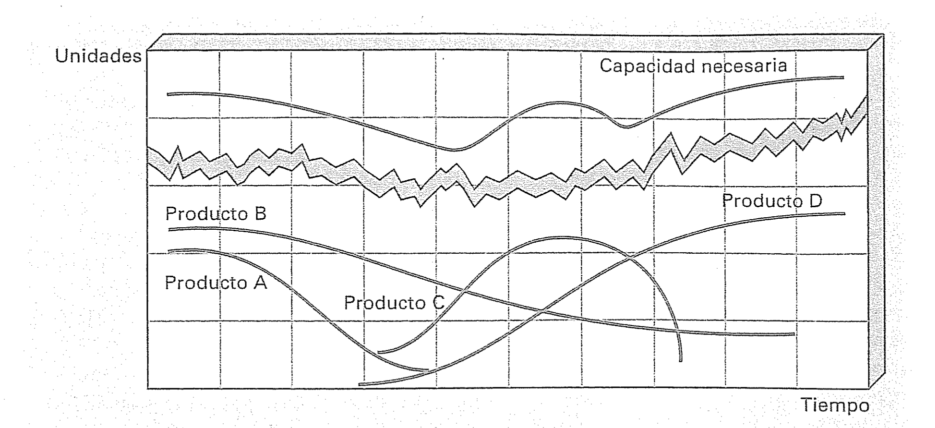


Figura 7.1. Sustitución de productos.

[5] Es frecuente encontrar modelos de investigación operativa dedicados al tema de expansión de capacidad. Véase, por ejemplo, Luss (1982).

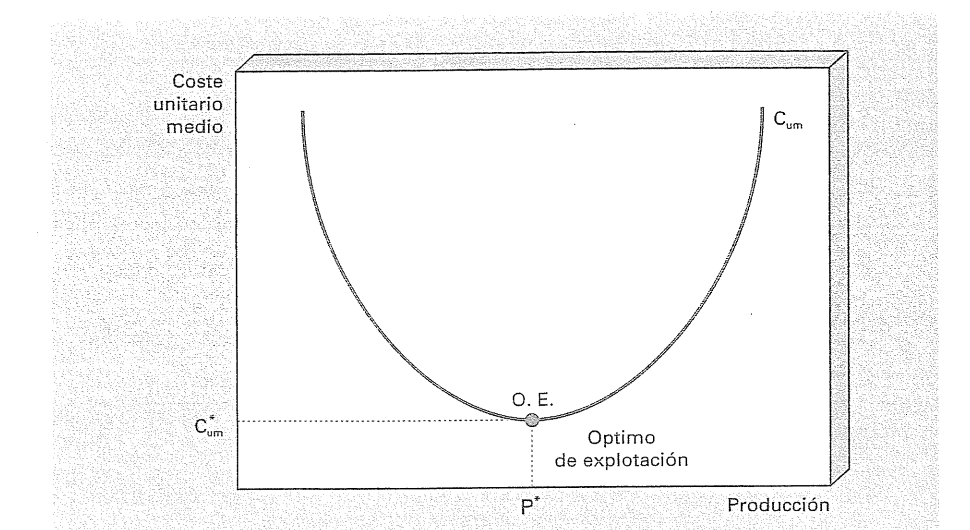


Figura 7.2. Los costes internos como función de la producción.

A medida que la empresa va creciendo, las curvas de costes medios unitarios/producción se irán desplazando hacia la derecha (Figura 7.3), constituyendo su envolvente la curva de costes medios unitarios a largo plazo[6]. Puede observarse en la citada figura como, al ir creciendo la empresa, los costes unitarios van disminuyendo, obteniéndose el efecto denominado **economías de escala.** Este es debido a diversos factores, entre los cuales suele citarse principalmente el hecho de que un determinado incremento de capacidad a largo plazo necesita un aumento menos que proporcional de la estructura fija, por lo que los costes fijos por unidad producida se hacen más pequeños. Otro de los factores que provocan

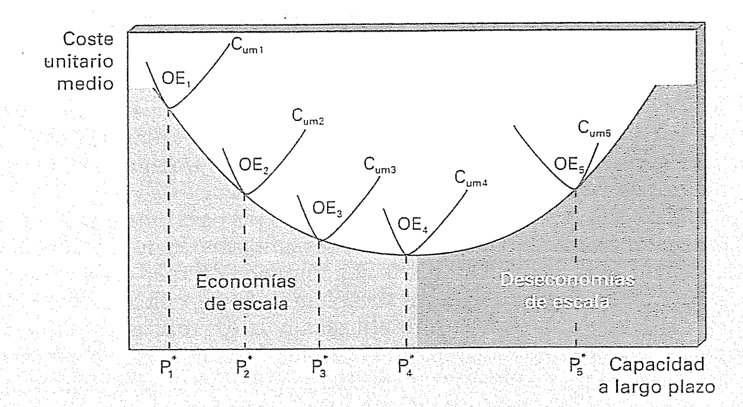


Figura 7.3. Economías y deseconomías de escala al cambiar de dimensión.

[6] Para un estudio sobre este tema puede verse, por ejemplo, Martínez Aramberri, A. (1980).

las mencionadas economías de escala es el hecho de que mayores tamaños permiten utilizar procesos más eficientes y automatizados (véase Capítulo 10).

Se supone, pues, que si una firma se encuentra en la dimensión más pequeña de la Figura 7.3, a un nivel de producción sostenido y a la derecha de OE_1, y con una estimación clara de que la demanda permanecerá creciente, decidirá expandirse a una dimensión superior y aprovechar las economías de escala. Tendrá que decidir además si lo hará en saltos pequeños y más numerosos (por ejemplo: $P1^* \rightarrow P2^* \rightarrow P3^* \rightarrow P4^*$) o grandes y menos numerosos (por ejemplo: $P1^* \rightarrow P4^*$). La Figura 7.4 muestra ambas posibilidades, las cuales son comparadas en el Cuadro 7.2 en relación con algunos factores que deberán contemplarse al tomar la decisión final. También el tipo de configuración productiva influirá en el tamaño de la ampliación. Así, en los sistemas de producción continua, las ampliaciones deberán tener un orden de magnitud análogas, al menos, al de las líneas existentes; por el contrario, en la producción por lotes (véase Apartado 5.2.2) los incrementos pueden ser más pequeños y centrados en los centros de trabajo que constituyen cuellos de botella.

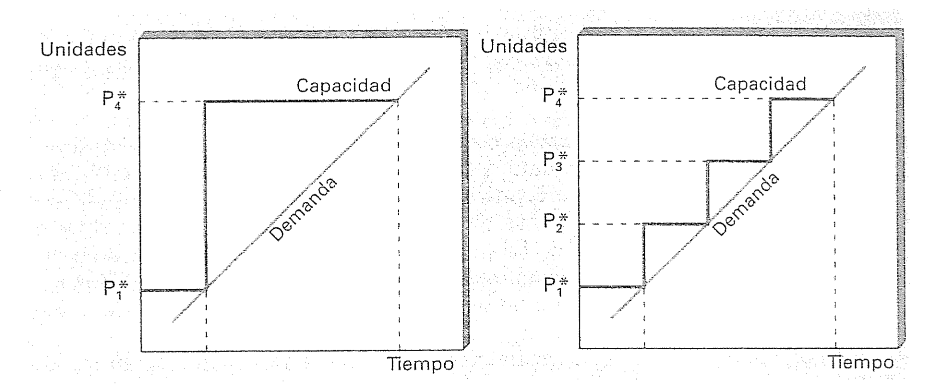


Figura 7.4. Tamaño y programación de los incrementos de capacidad.

Cuadro 7.2. Influencia de distintos factores en el tamaño de los incrementos de capacidad

Factores	Mayores incrementos de capacidad	Menores incrementos de capacidad
Probabilidad de pérdida de ventas	menor	mayor
Posibilidad de economías de escala	mayor	menor
Posibilidad de interrupciones	menor	mayor
Costes fijos	mayor	menor
Flexibilidad	menor	mayor
Riesgo si cambia la demanda	mayor	menor
Aprovechamiento de la capacidad	menor	mayor
Coste de futuras ampliaciones	menor	mayor

Hay que señalar que, sin embargo, al ir creciendo, puede llegar un momento en el que aparezcan **deseconomías de escala**, provocadas, entre otras causas, por-

que existen factores tales como la comunicación, la gestión, la organización y administración, que se vuelven más complejos y costosos con el tamaño de la empresa, contrarrestando las ventajas obtenidas con el crecimiento (Figura 7.3, OE_5) y cobrando relevancia, además, el sentimiento de **pérdida de enfoque** por parte de los directivos al aumentar la dimensión. Es curioso observar que, en los últimos años, las deseconomías de escala suelen aparecer antes de lo que podría suponerse; ello, unido a las mejoras tecnológicas que permiten hacer más con un determinado tamaño de planta y a la mayor posibilidad de especialización en plantas más pequeñas, ha hecho que no esté tan clara la ventaja de crecer hacia plantas grandes y que exista una tendencia a preferir, en muchos sectores, varias plantas de dimensiones más reducidas en lugar de una o pocas de gran tamaño. Un ejemplo de esto último lo ofrece la compañía McDonnell Douglas, que, para anticiparse al crecimiento futuro de la producción de aviones comerciales, decidió desarrollar una red de plantas relativamente pequeñas (500 ÷ 1000 empleados) distribuidas en Estados Unidos, en lugar de expandir su planta de Long Beach (C. Galbraith, 1990).

Una posible alternativa es la que Skinner (1974) denominaba «plantas dentro de plantas» (*plants whithin plants*), pudiendo tener cada una de ellas diferentes suborganizaciones, políticas de personal, procesos, productos, etc. Ello les permitiría encontrar sus respectivos óptimos de explotación a un nivel de producción en el que no aparecen las deseconomías de escala ni las mencionadas pérdidas de enfoque y especialización. De una u otra forma, son muchos los autores que defienden estas vías para fortalecer la empresa ante la competencia.

Cualquiera que sea la estrategia elegida en cuanto al tamaño y programación del crecimiento, podemos encontrarnos con *tres actitudes* típicas *de reacción* en cuanto a los *aumentos de capacidad*, las cuales quedan reflejadas en la Figura 7.5. La *7.5a* muestra una estrategia típicamente expansionista en la que los incrementos se realizan de modo que vayan por encima de la demanda; en *7.5b* se observa una estrategia conservadora de «ver y esperar», en la que la capacidad instalada va por debajo de aquélla; por último, la *7.5c* refleja una situación intermedia. Cada una de ellas puede ser apropiada en función de las distintas circunstancias de cada empresa.

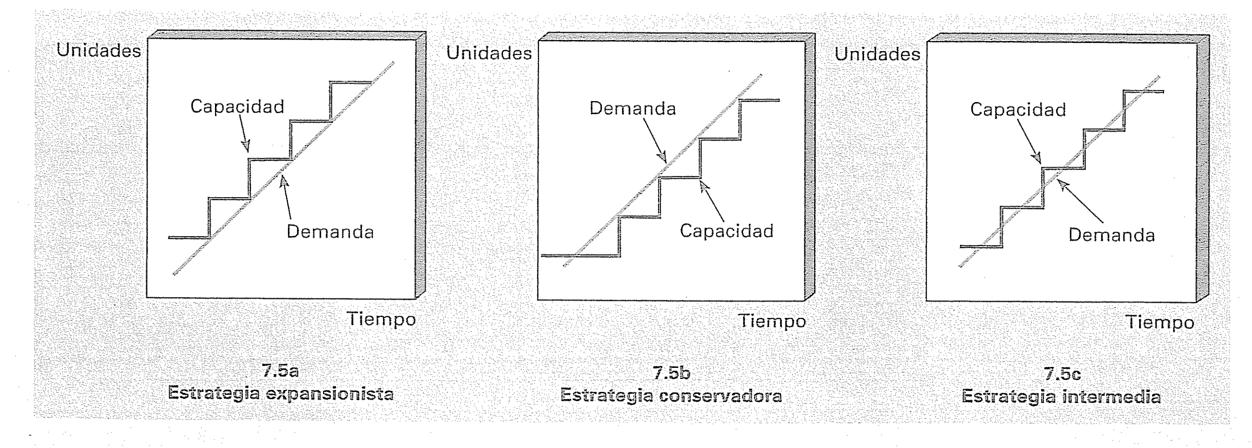


Figura 7.5. Actitudes ante el incremento de capacidad.

Lógicamente, los factores que llevan a una u otra situación difieren. En el primer caso (Figura7.5*a*), éstos podrían ser:

- Demanda variable.
- Ir por delante de la competencia en la consecución de la cuota de mercado.
- Altos costes derivados de una posible insatisfacción de la demanda.
- Cambios frecuentes en el mix del producto.
- Bajo coste por capacidad ociosa.
- Altos beneficios esperados por la introducción de nuevos productos, etc.

En el lado opuesto, factores que frenan la expansión hasta el último momento (Figura 7.5*b*) pueden ser:

- Alta inversión inicial.
- Incremento de los costes fijos.
- Poca fiabilidad de la previsión de demanda.
- Disminución del riesgo derivado del cambio tecnológico que provocaría obsolescencia, etc.

Un concepto de interés relacionado con lo anteriormente expuesto es el denominado **economías de alcance**, las cuales se obtienen cuando es posible ofrecer mayor variedad de productos en una planta flexible a menor coste que si se hiciesen en varias plantas separadas. Entre otras causas, ello es posible hoy día gracias al enorme desarrollo de la automatización programable, que permite cambiar de un producto a otro de forma rápida y poco costosa. De esta forma tenemos un abaratamiento de costes análogo al que encontrábamos en las economías de escala, con la diferencia de que, en el presente caso, gracias a la flexibilidad, los costes se reparten entre un mayor número de líneas de productos (véase Apartado 10.2.1.3).

Otro factor a considerar a la hora de decidir cuánta capacidad añadir es la competencia. Así, por ejemplo, un gran aumento de capacidad puede ser aconsejable si ésta coloca a la empresa en posición de liderazgo y puede hacer desistir a la competencia de posibles expansiones por temor a una posible situación de exceso de capacidad. Si, por el contrario, es nuestra empresa la que tiene dicha situación, podríamos renunciar a una hipotética expansión para evitar la depresión de precios y de rentabilidad[7].

Para terminar con este tema conviene recordar que, como se desprende del Cuadro 7.2, la forma en que se incrementa la capacidad no debe ceñirse únicamente a aspectos de coste, pues se trata de una decisión multicriterio[8] en la que hay que tener en cuenta simultáneamente distintos factores, cuya importancia relativa dependerá de cada caso y de la subjetividad del decisor al considerar cada una de ellas. Los comentarios anteriores muestran que, además del problema de decidir **cuánto** y **cuándo crecer**, también aparece el derivado del **cómo hacerlo**, el cual llevará a tomar el camino de una o pocas plantas grandes o de un mayor número de plantas más reducidas.

Antes de finalizar este apartado, es importante resaltar que la percepción de una necesidad de capacidad en la empresa no tiene por qué llevar necesariamente a invertir en nuevas plantas o a expandir de forma general las plantas actuales. No deben olvidarse hechos importantes que pueden permitir sustanciales incrementos de la capacidad actual con un volumen de inversión mucho menor que el

[7] Recuérdese el sector del automóvil en los años 90.
[8] Véase Apartado II.4 del Anexo a Parte II.

que implicaría un tipo de crecimiento como el mencionado. Así, por ejemplo, debe tenerse en cuenta que la capacidad de una instalación viene marcada por el(los) centro(s) de trabajo (CT) que representa(n) cuello(s) de botella pues, en el resto, existe capacidad ociosa y sería inútil incrementarla aún más (véase J. A. D. Machuca y otros, Capítulo 8). Por tanto, si se localiza(n) dicho(s) cuello(s) de botella y se aumenta su capacidad, veremos que, paralelamente, subirá la del conjunto de la instalación a medida que va utilizándose la capacidad ociosa del resto de los CT. Lógicamente, tendrá sentido seguir aumentando la capacidad en la línea mencionada hasta que se consuma toda la capacidad ociosa de alguno de los CT que no presentaban problemas ya que, en ese instante, dicho CT se habrá convertido en cuello de botella y deberá ser objeto de expansión si queremos seguir incrementando la capacidad del conjunto. Se comprende fácilmente que este procedimiento es mucho menos costoso y más eficaz que una expansión indiscriminada en todos los centros de trabajo.

Otra posibilidad de incrementar la capacidad de forma no muy costosa puede proceder de algún tipo de reestructuración y mejora de los productos o/y actividades actuales. Así:

- El rediseño del producto puede llevar a la reducción de los tiempos de preparación y de operación, a cambios en el tipo de equipo necesario, etc.
- La mejora en la fiabilidad de los componentes puede reducir el número de productos defectuosos y de los reprocesamientos, las paradas en el proceso, etc.
- Cambios en el mix de productos (por ejemplo: reduciendo el número de los mismos se reducirán los tiempos de preparación y se producirán las ventajas derivadas de series más largas. Ello podrá hacerse cuando sea posible combinarlo con una elección de clientes que acepten dicho mix de forma que no se dañe la demanda).
- Cambios en la tecnología de los procesos empleados pueden resultar en distintos tiempos de preparación, cambio y operación y, consiguientemente, en la cantidad de productos obtenidos por unidad de tiempo.
- Cambios en las técnicas de programación de la producción (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Parte I) pueden mejorar la ejecución y, de forma indirecta, la capacidad de las instalaciones, etc.

Reiteramos, pues, la importancia de estar seguros de que se saca el máximo provecho a las instalaciones existentes antes de emprender la expansión a partir de inversión en otras nuevas.

7.3. PLANIFICACION Y CONTROL DE LA CAPACIDAD A LARGO PLAZO. ASPECTOS DE INTERES

Recordemos que *el objetivo de la planificación y control de la capacidad no es otro que el de adecuar la capacidad existente con las necesidades derivadas de la demanda a satisfacer*, y ello de la forma más eficiente y económica posible[9]. Aunque en el presente capítulo nos ceñiremos al largo plazo, esta definición, así

[9] Ya vimos en el Apartado 7.2 algunos de los factores a tener en cuenta en la expansión de la capacidad.

como las fases a seguir en el proceso de planificación y control, también son válidas a medio y corto plazo. Estas son:

- Realizar una evaluación de la capacidad actual y proyectarla hacia el futuro, obteniendo así las disponibilidades de la misma.
- Hacer una estimación de las necesidades de capacidad en el horizonte temporal elegido, basada en las previsiones sobre la demanda o en los planes de producción a satisfacer durante aquél.
- Observar las divergencias entre necesidades y disponibilidades y definir las posibles alternativas que permitirían su eliminación.
- Evaluar las distintas alternativas teniendo en cuenta las implicaciones cuantitativas y cualitativas de cada una de ellas.
- Seleccionar una alternativa.
- Implementar y controlar los resultados.

7.3.1. Cálculo de la capacidad disponible a largo plazo

A la hora de calcular la disponibilidad actual nos remitimos a los Apartados 7.1 y 7.2 (en los que ya hablábamos, respectivamente, de la medida de la capacidad y de los factores que influyen en su aprovechamiento), así como a J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulo 2). Una vez en posesión de una medida correcta actual, debemos realizar una proyección de la misma hacia el futuro de acuerdo con el horizonte temporal elegido. A la hora de hacerlo ha de tenerse en cuenta que la capacidad no permanecerá constante a lo largo del tiempo. Por lo que respecta al largo plazo, dos factores de cambio importante son la reducción provocada por el *envejecimiento de las instalaciones* y el incremento producido por el *efecto aprendizaje*, los cuales abordaremos brevemente a continuación. A medida que pasa el tiempo, aumentan las averías en los equipos, éstos dan lugar a más defectos, son más lentos y van desgastándose, provocando todo ello una paulatina disminución de la capacidad. Esta puede frenarse con una adecuada política de *mantenimiento preventivo y reposición*, basada fundamentalmente en inspeccionar los equipos y reemplazar las partes vulnerables de los mismos antes de que se produzca la avería, bien cada vez que transcurra un cierto período, bien al cabo de un cierto tiempo de utilización. A pesar de su importancia no profundizaremos más en el tema del mantenimiento por no ser objeto del presente capítulo y por ser un proceso de carácter táctico. Por lo que respecta al **efecto aprendizaje**, éste implica una mejora en el tiempo de proceso, la cual tiene lugar como consecuencia de la experiencia adquirida en la realización de las tareas. Como indicábamos en el Apartado 5.7.7, dependiendo del tipo de industria de que se trate, cada vez que se duplica la producción acumulada se consigue una determinada reducción porcentual del tiempo de proceso. Este efecto se suele recoger en las denominadas **curvas de aprendizaje** (Figura 7.6), de cuya observación se desprende cuál es el tiempo mínimo de proceso unitario que se puede lograr y para qué volumen acumulado de producción. El conocimiento de estos valores permite estimar la capacidad disponible con mayor precisión.

7.3.2. La determinación de las necesidades de capacidad

Es obvio que, ya se trate de empresas de fabricación o de servicios, la base de una correcta planificación a largo plazo es tener una buena previsión de la demanda;

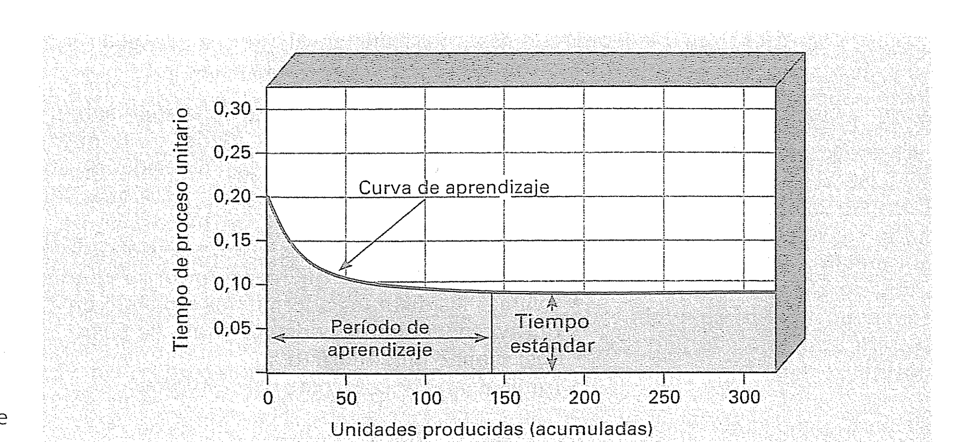


Figura 7.6. Ilustración de una curva de aprendizaje.

ello no es fácil, especialmente para dicho horizonte temporal. En el caso límite, pero no infrecuente, de plantear la posibilidad de expandirse construyendo una nueva planta, hay que pensar que el tiempo de construirla más el tiempo mínimo que ésta debería mantenerse económicamente productiva es de muchos años. Ahora bien ¿quién puede asegurar que, después de tanto tiempo, estaremos desarrollando exactamente los mismos productos o servicios? ¿Se mantendrán los gustos de los consumidores? Para responder a éstas y otras preguntas deberá existir una estrecha colaboración con el Departamento Comercial, que conoce mejor los ciclos de vida de los productos y al que competen los Planes de Marketing, los estudios de mercado y el desarrollo de nuevos productos (junto con el Departamento de Investigación y Desarrollo). Por otra parte ¿cómo estar seguros de cuáles serán las futuras tecnologías?, ¿podemos asegurar que los procesos de producción seguirán siendo los mismos? Estos aspectos afectan a la forma de obtener productos y servicios y, con ello, al tipo y cantidad de capacidad requerida; ello muestra el interés de introducir una previsión de los posibles desarrollos tecnológicos en la planificación de las instalaciones.

Además de los aspectos mencionados, se añaden otros factores que incrementan la complejidad de la decisión, tales como las posibles acciones de la competencia, la evolución de los precios de productos alternativos (por ejemplo, para una compañía eléctrica, las energías alternativas a la electricidad), cambios demográficos, etc.

Ello no obsta para que se realice una previsión de la demanda para el horizonte temporal elegido, de la cual deben interesarnos, sobre todo, las *tendencias* (crecimiento, declive, estabilidad, ...) y los *ciclos*, más que los factores de estacionalidad y las variaciones aleatorias, que serán considerados en el medio y corto plazo. La previsión de la demanda a largo plazo servirá para algo más que para determinar las necesidades de capacidad de los productos actuales; así, por ejemplo, una demanda en declive sería indicativa de la necesidad de introducir nuevos productos o/y de actuar sobre los existentes de forma que se altere la tendencia. Del mismo modo, demandas cíclicas pueden indicar la necesidad de buscar la introducción de productos con ciclos complementarios de forma que se logren unas necesidades de capacidad más estables.

Existen autores[10] que opinan, con bastante sentido, que los métodos cualitativos (tales como Delphi, estudios de mercado, analogía de los ciclos de vida, etc.) y los métodos causales de previsión (modelos econométricos y simulación, entre otros) son los más apropiados, aunque también los más costosos para prever la demanda. La selección del método más apropiado a cada caso concreto dependerá de distintos factores, tales como (Wheelwright y Clark, 1976): el grado de sofisticación del usuario y del método, el tiempo y los recursos disponibles, la utilización o las características de la decisión a tomar (ya nos pronunciamos para el presente caso), la disponibilidad de datos y la forma de las series temporales. Con frecuencia, la previsión de demanda a este nivel se hace a partir del (de los) producto(s) o servicio(s) en cuestión para el total del mercado; multiplicándola por la cuota de la empresa en concreto (estimada previamente) llegaremos a la demanda de la misma.

A partir de la demanda estimada y de los objetivos y estrategias de la empresa se desarrollará el Plan Financiero y el Plan de Producción a largo plazo (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 1). Para determinar las necesidades de capacidad para desarrollar este último en términos agregados, se pueden emplear las mismas unidades utilizadas para medir las disponibilidades de la demanda. Las técnicas CPOF (*Capacity Planning using Overall Factors*) y las Listas de Capacidad, que se emplean para medio plazo, podrían servir para dicho propósito aunque, lógicamente, empleando un mayor nivel de agregación en unidades y períodos de tiempo (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 3).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se llegará a la determinación de las necesidades de capacidad a largo plazo, las cuales no tienen por qué constituir la traducción exacta de la demanda estimada. En algunas ocasiones puede ocurrir que no existan suficientes recursos para satisfacer esta última, en cuyo caso podría renunciarse a una parte de ella, lo cual repercutiría en la capacidad necesaria. En otros casos, por el contrario, la empresa puede decidir (suponiendo recursos suficientes) mantener un cierto **colchón de capacidad** por encima de la estimada con objeto de permitir, entre otros, alguno(s) de los siguientes **objetivos**:

- Tener capacidad extra para ocasiones en que la demanda supere a la esperada, lo cual es posible dada la aleatoriedad de la misma.
- Posibilidad de satisfacer la demanda en los períodos pico.
- Aumentar la flexibilidad en cuanto a permitir cambios en las necesidades de productos o en su demanda por parte de los clientes.
- Garantizar las cotas de calidad de los productos o servicios, que, a veces, se deterioran cuando se trabaja al límite de capacidad.

En cualquier caso, y al igual que ocurría en el cálculo de la capacidad disponible, también habrá que tener en cuenta los *factores de eficiencia y utilización*, así como los posibles *productos defectuosos* que resultarán del nivel de calidad que caracterice a la empresa. En general, si la medimos en unidades de recursos, la capacidad necesaria se obtendría como (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 2):

- El sumatorio de los productos de las demandas anuales (en unidades de productos) por los recursos necesarios para cada unidad.

[10] Véase, por ejemplo, Schroeder (1993, págs. 350, 374, 403).

- Más el colchón de capacidad (por ejemplo, un porcentaje de la cifra anterior).
- Dividido por el producto de los factores mencionados.

7.3.3. Alternativas para adecuar a largo plazo la capacidad disponible a la necesaria

La elección correcta de las distintas alternativas posibles para eliminar la divergencia entre capacidad disponible y necesaria a largo plazo no es tarea fácil, debido sobre todo, como vimos en el Apartado 7.3.2, al cambio acelerado que caracteriza la actividad económica en nuestros días y al horizonte temporal en que nos moveremos. A ello se une el que a cada alternativa estará ligada la respuesta a varias preguntas interrelacionadas, cuya problemática ya fue abordada anteriormente: ¿cuánta capacidad?, ¿de qué tipo?, ¿en qué momento?, ¿dónde? La naturaleza a largo plazo de esta decisión empuja hacia la alternativa de **instalaciones flexibles** que permitan adaptarse a posibles cambios futuros. De este modo, en el caso de una expansión, puede ser importante prever condiciones que faciliten un futuro crecimiento y que minimicen los costes del mismo; por ejemplo, tanto para una nueva planta productiva como para un nuevo club deportivo puede resultar interesante localizarse en un lugar con terrenos colindantes, utilizables para posibles ampliaciones.

Para el **caso de expansión,** posibles alternativas no excluyentes para adecuarse a los cambios de capacidad a largo plazo pueden ser:

- Construir o adquirir nuevas instalaciones, debiendo estudiarse el tipo, número y tamaño de las mismas, así como el momento de su implantación (véase Apartado 7.2), lo cual, en muchas ocasiones, no tiene una respuesta clara. Ese fue el caso de la expansión de las líneas aéreas en Estados Unidos durante los años 70; muchas compañías que optaron por la compra de aparatos grandes (tipo Jumbo) no tuvieron en cuenta que la captación de la demanda no sólo dependía del número de plazas disponibles, sino también, y de forma importante, del número de vuelos ofertados. Debido a ello, dichas empresas tuvieron peores resultados que los competidores que optaron por expandirse a partir de un mayor número de aviones más pequeños, lo cual les permitió programar un mayor número de vuelos.
- Expandir, modificar y actualizar las instalaciones existentes o/y su forma de uso, de modo que se pueda obtener mayor capacidad. Por ejemplo: la formación de los empleados, para que puedan ampliar el abanico de actividades que son capaces de realizar, disminuiría la restricción que procede de la mano de obra. Hacer que el cliente realice parte del trabajo (autoservicio en restaurantes y gasolineras, cajeros automáticos en bancos, etc.) incrementaría la capacidad actual, etc. Implantar definitivamente un doble turno podría aumentar significativamente la capacidad.
- Establecer redes de subcontratación para el suministro de componentes o incluso de productos terminados, lo cual permitiría funcionar con menor capacidad en la empresa, pues parte de las necesidades se derivarían a otras firmas. Esto suele facilitar la adecuación a los cambios de capacidad a corto plazo, ya que las divergencias a absorber (hacia arriba o hacia abajo) se reparten con los subcontratados. Al plantear esta alternativa, no sólo hay que considerar los aspectos de costes, sino otros no menos importantes, tales como asegurar el nivel de respuesta en cuanto a calidad, cantidad y plazos, evaluar nuestro grado de dependencia, ver de qué forma afecta a nuestra flexibilidad, evaluar el riesgo inherente a la posible cesión de tecnología, etc.
- Reabrir instalaciones que estén inactivas.

Para el **caso de contracción** de capacidad, posibles vías de actuación pueden ser:

- Dar otro uso a parte de las instalaciones o ponerlas en reserva de forma que permanezcan inactivas en espera de una posible utilización ulterior.
- Vender instalaciones e inventarios y despedir o transferir mano de obra.
- Desarrollar nuevos productos o servicios de forma que sustituyan a aquéllos con demanda en declive.

Aunque el número de alternativas y combinaciones puede resultar elevado, siempre será posible reducirlas antes de iniciar el proceso de evaluación a partir de las características de la empresa y del sector así como del marco estratégico de aquéllas.

7.3.4. Evaluación de alternativas (véase Apartado 7.4)

Antes de evaluar las distintas alternativas deben tenerse claros los distintos criterios a emplear. De entre ellos, son especialmente importantes los económico-financieros, los cuales reflejarán la conveniencia de la decisión de inversión en capacidad bajo dicho punto de vista. Métodos como las gráficas de punto muerto, el valor capital o la tasa de rendimiento interno pueden ser útiles para este propósito. Factores fundamentales a considerar, según el método empleado, serían los distintos costes, ingresos y gastos, valor capital de la alternativa en cuestión, etc. Dado que difícilmente dichos datos podrán conocerse con certeza, deberemos introducir la aleatoriedad en la evaluación; para ello, métodos como los árboles de decisión podrían ser de utilidad. La elección de una u otra técnica dependerá, en cualquier caso, del tipo de problema de capacidad a resolver y de las características que lo definan, tanto de la propia empresa como del entorno en que desarrolle su actividad.

Ahora bien, como puede deducirse de los apartados anteriores, al evaluar las distintas alternativas no sólo deberán tenerse en cuenta, a pesar de ser fundamentales, criterios cuantitativos y medibles en unidades monetarias. Siempre existirán factores cualitativos de gran importancia que deberán estar presentes en la toma de decisiones definitivas. Pongamos por caso:

- Grado de compatibilidad con el personal existente.
- Posibles reacciones de la opinión pública (por ejemplo, no será lo mismo construir una planta hidráulica que una nuclear).
- Grado de reacción de la competencia.
- Riesgo de obsolescencia tecnológica, etc.

En estos casos, técnicas multicriterio del tipo Electra (véase Apartado II.4 del Anexo a la Parte II), nos permitirán considerar simultáneamente los criterios cualitativos y cuantitativos, facilitando la elección final del decisor, que siempre será el que tenga la última palabra.

7.4. ALGUNAS TECNICAS PARA EVALUACION DE ALTERNATIVAS

7.4.1. El criterio del valor capital, *VC*

Su aplicación permite conocer la ganancia total neta de la inversión en el horizonte temporal considerado. No es nuestro propósito extendernos en la exposición de éste o de otros criterios de evaluación de inversiones (tanto de rendimiento interno (TRI), plazo de recuperación (PR), etc.) puesto que ello puede estudiarse en cualquier manual de gestión financiera[11]. Nos limitaremos aquí a formularlo y a definir someramente las variables explicativas:

$$VC = -A + \frac{Q_1}{1 + k} + \frac{Q_2}{(1 + k)^2} + \cdots + \frac{Q_n}{(1 + k)^n} + \frac{VR}{(1 + k)^n}$$

donde:

- A: Capital invertido (supuesto que todo se desembolsa en el momento inicial).
- Q_i: Flujo neto de caja del año i, igual a la diferencia entre los cobros por ventas y los pagos derivados de los gastos de explotación en el año en cuestión.
- VR: Valor residual de la inversión en el año n.
- n: Número de años del horizonte temporal.
- k: Coste de capital (supuesto constante a lo largo del tiempo). Sirve para actualizar el valor del dinero y poder referir todas las cantidades al instante inicial.

De entre las distintas alternativas objeto de estudio, la más interesante de acuerdo con estos criterios sería aquella que proporcionase el mayor valor positivo para la ganancia anual neta. Este criterio presenta la ventaja de su facilidad de cálculo (respecto al del TRI) y el de considerar la actualización del dinero (respecto a los criterios aproximados, como por ejemplo el del PR).

Si no se dan condiciones de certeza habría que modificar el empleo de esta técnica de forma que pudiésemos introducir las condiciones de riesgo[12].

7.4.2. Las gráficas de punto muerto o de equilibrio

Como se indica en el Apartado II.1 del Anexo, el empleo de esta técnica para la toma de decisiones a largo plazo puede ser arriesgado. Si las características del problema objeto de estudio hacen suponer que se cumplen suficientemente las hipótesis implícitas en la misma, podría ser empleada. Asumiendo que esto es así, hemos planteado el Ejemplo 7.1, en el que se ilustra la toma de una decisión inicial para poner en marcha unas instalaciones que deben fabricar un único producto ya existente en el mercado (o, en su caso, ofrecer un servicio), cuya demanda es suficientemente estable.

[11] Entre otros podemos citar: J. J. Durán (1992), S. Durbán (1993), M. Fernández (1991), J. A. D. Machuca y otros (1987) y A. Suárez (1993).

[12] Dos modelos posibles, el de Hillier y el de Hertz, pueden verse en Durbán (1993, pág. 89 y ss.).

EJEMPLO 7.1. Decisión inicial de capacidad mediante gráficos de punto muerto

Ante su próxima instalación en el mercado, la empresa GIDEAO debe decidirse entre las alternativas cuyos datos aparecen en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1. Datos de las alternativas a estudiar

Dimensión	Capacidad anual	Costes fijos (miles)	Costes variables unitarios	Precio venta
Grande (G)	7000	1800	1500	2000
Mediana (M)	5000	1200	1600	2000
Pequeña (P)	2500	740	1700	2000

La representación gráfica de los correspondientes beneficios aparece en la Figura 7.7. En ella puede apreciarse cómo las funciones de beneficio van creciendo hasta que llegan a la utilización total de las respectivas capacidades; a partir de ese momento se produce el estancamiento de las ventas. La Tabla 7.2 muestra la elección más idónea en relación con distintos valores de la demanda.

Tabla 7.2. Decisión en función de los posibles valores de la demanda

Valor de la demanda (D)	Elección
$D < PM_P$	No hacer nada
$PM_P \leq D < X_1$	Instalación P
$X_1 \leq D < X_2$	Instalación M
$X_2 \leq D$	Instalación G

Si suponemos que la demanda es aleatoria y que los valores de las probabilidades asociadas son las que figuran en la Tabla 7.3, podríamos hallar el beneficio esperado para cada una de las alternativas planteadas. Estos aparecen calculados en la misma tabla como sumatorios de los productos $B_i \cdot P_i$, donde B_i y P_i, son, respectivamente, los beneficios y probabilidades asociados a cada valor, D_i, de demanda (véase Apartado II.2 del Anexo).

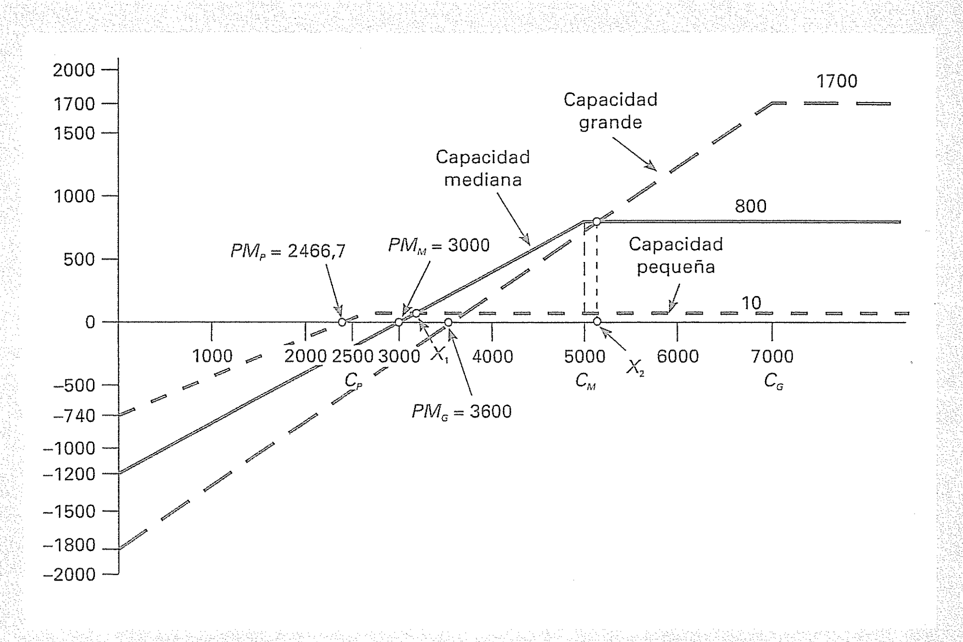


Figura 7.7. Funciones beneficio de las tres alternativas a comparar (en miles de u.m.).

Tabla 7.3. Cálculo de los beneficios esperados de las alternativas

Demanda (D_i)	Probabilidad (P_i)	*Capacidad a largo plazo* — Grande BG_i	$BG_i \cdot P_i$	Mediana BM_i	$BM_i \cdot P_i$	Pequeña BP_i	$BP_i \cdot P_i$
1.000	0,05	−1.300.000	−65.000	−800.000	−40.000	−440.000	−22.000
2.000	0,15	−800.000	−120.000	−400.000	−60.000	−140.000	−21.000
3.000	0,25	−300.000	−75.000	0	0	10.000	2.500
4.000	0,25	200.000	50.000	400.000	100.000	10.000	2.500
5.000	0,15	700.000	105.000	800.000	120.000	10.000	1.500
6.000	0,1	1.200.000	120.000	800.000	80.000	10.000	1.000
7.000	0,05	1.700.000	85.000	800.000	40.000	10.000	500
Beneficio esperado: $\Sigma B_i P_i$		BE_G: 100.000 u.m.		BE_M: 240.000 u.m.		BEP_i: −35.000 u.m.	

Puede observarse que el mayor beneficio esperado es el proporcionado por la planta mediana, con una diferencia bastante significativa respecto a las otras alternativas. El correspondiente valor de la demanda esperada se calculará como:

$$\sum_{1}^{7} D_i \cdot P_i = 3.800$$

Dado que hemos supuesto estabilidad en la demanda, no deberían producirse desviaciones importantes respecto a la media, por lo que la elección recaería sobre la instalación mediana.

Supongamos a continuación que las probabilidades de la demanda se distribuyen de acuerdo con una distribución normal de media 4.000 y de desviación típica 1.000 y que se elegirá aquella dimensión que dé mayor probabilidad de obtener, como mínimo, un beneficio de 100.000 u.m. De acuerdo con dichos datos, podemos formular dicho beneficio para cada una de las alternativas (véase Apartado II.2 del Anexo).

Alternativa 1: Planta grande*

B_{MING}: $(2.000 - 1.500) \cdot X_{MING} - 1.800.000 = 100.000$ u.m.

de donde la demanda mínima a cubrir para conseguirlo sería: $X_{MING} = 1.900.000/500 = 3.800$ unidades
y la probabilidad de superarla:

$$P(B_{MING} > 100.000) = P(X_{MING} > 3.800) = 1 - P(X_{MING} \leqslant 3.800) = \{\text{Tipificando la variable } X_{MING}\} = 1 - P(Z_{MING} \leqslant (3.800 - 4.000)/1.000) = 1 - P(Z_{MING} \leqslant -0{,}2) = 1 - 0{,}4207 = 57{,}93\,\%$$

* Véase Tabla de la Distribución Normal en el Anexo.

Alternativa 2: Planta mediana

$$B_{MINM} = (2.000 - 1.600)\, X_{MINM} - 1.200.000 = 100.000 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow X_{MINM} = 1.300.000/400 = 3.250 \text{ unidades}$$
$$P(B_{MINM} > 100.000) = 1 - P(X_{MINM} \leqslant 3.250) = 1 - P(Z_{MINM} \leqslant (3.250 - 4.000)/1.000) = 1 - P(Z_{MINM} \leqslant 0{,}75) = 1 - 0{,}2266 = 77{,}34\,\%$$

Alternativa 3: Planta pequeña

$$B_{MINP} = (2.000 - 1.700)\, X_{MINP} - 740.000 = 100.000 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow X_{MINP} = 840.000/300 = 2.800 \text{ unidades}$$

Dado que la capacidad de esta planta es 2.500, la probabilidad de mantener continuamente una producción de 2.800 es prácticamente nula.

De acuerdo con el criterio empleado, la planta mediana sería la más conveniente.

Podría haberse planteado la alternativa de escoger la planta pequeña y ampliarla, cuando se saturase su capacidad, hasta lograr la de la planta mediana. Las ventajas e inconvenientes de esta posibilidad respecto a la de decidirse desde el principio por la instalación mediana pueden deducirse del Cuadro 7.2 del Apartado 7.2, los cuales deberán considerarse para tomar la decisión final. Por lo que respecta a los costes fijos, normalmente, el incremento que se producirá con la ampliación propuesta llevará a unos valores superiores a los de la mediana pues, en general, es más barato construir de una sola vez. La Figura 7.8 muestra las gráficas de beneficio para ambas alternativas suponiendo que el incremento de costes fijos en la ampliación es de 660.000 u.m. y que los costes variables unitarios pasan a ser de 1.575 u.m./un.

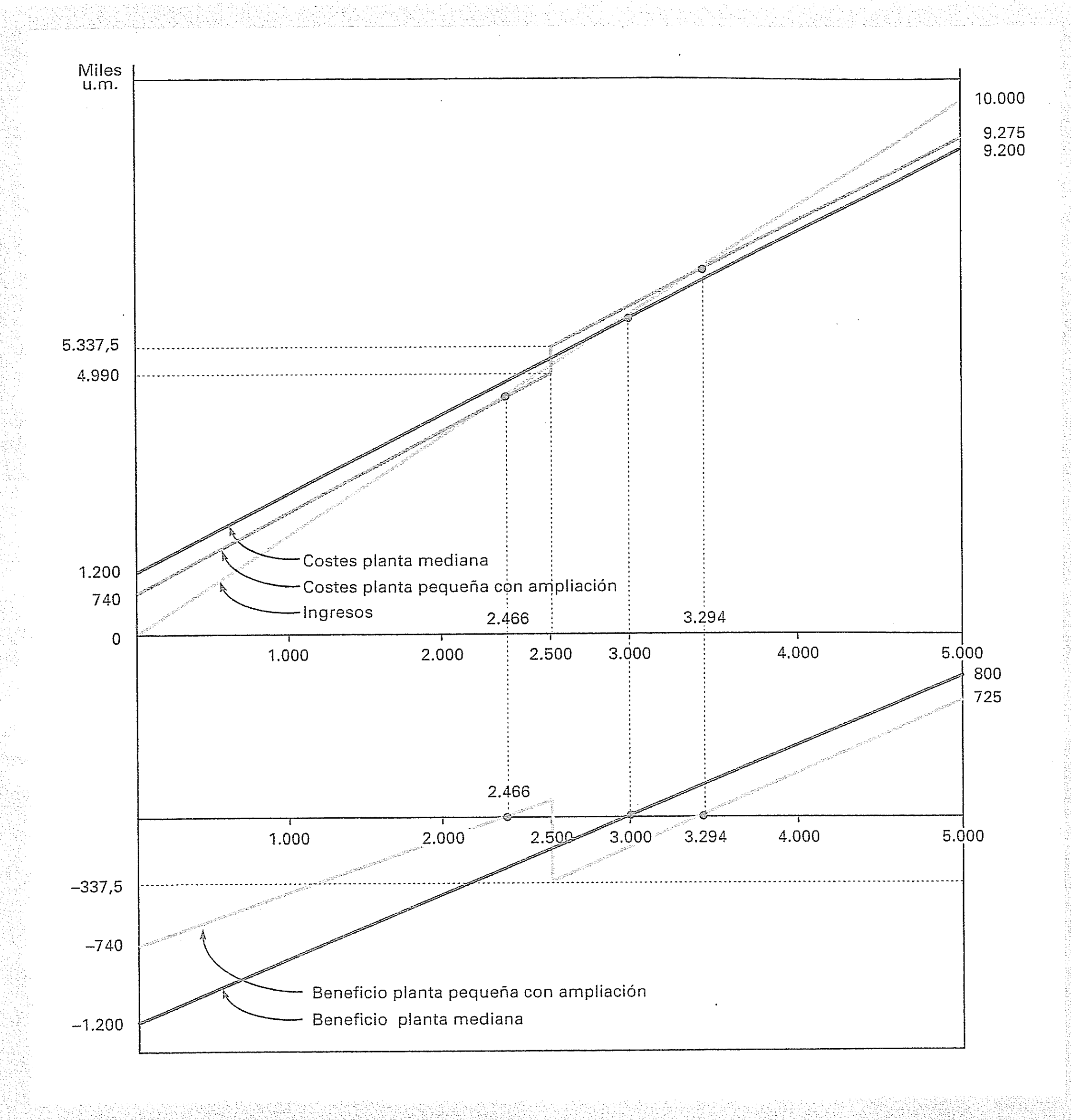


Figura 7.8. Comparación de planta mediana y planta pequeña con ampliación.

Para el caso de conocimiento de las probabilidades discretas de la demanda obtendríamos, para la nueva alternativa, el beneficio esperado que aparece en la Tabla 7.4, de la que se deduce que, para este criterio, sigue siendo la planta mediana la más conveniente.

Si, por el contrario, suponemos que se trata de la demanda que responde a una distribución normal y deseamos conocer la probabilidad de obtener un beneficio mínimo de 100.000 u.m., con la nueva alternativa tendríamos:

Alternativa 4: Planta pequeña ampliada

$B_{MINPA} = (2.000 - 1.575)\ X_{MINPA} - 1.400.000 = 100.000 \Rightarrow$

$\Rightarrow X_{MINPA} = 1.500.000/425 = 3.529,41$ un. $\simeq 3.530$ un.

$P(B_{MINPA} > 100.000) = P(X_{MINPA} > 3.530) =$

$= 1 - P(X_{MINPA} \leqslant 3.530) = 1 - P(Z_{MINPA} \leqslant$

$\leqslant (3.530 - 4.000)/1.000) = 1 - P(Z_{MINPA} \leqslant -0,47) =$

$= 1 - 0,3192 \approx 68,08\ \%$

Así pues, también según este criterio, la planta mediana sigue siendo la más conveniente.

Tabla 7.4. Cálculo del beneficio esperado para la planta pequeña con ampliación

Demanda (D_i)	Probabilidad (P_i)	Pequeña ampliada	
		B_{PAi}	$B_{PAi} \cdot P_i$
1.000	0,05	−440.000	−22.000
2.000	0,15	−140.000	−21.000
3.000	0,25	−125.000	−31.250
4.000	0,25	300.000	75.000
5.000	0,15	725.000	108.750
6.000	0,1	725.000	72.500
7.000	0,05	725.000	36.250
Beneficio esperado: $\Sigma B_{PAi} \cdot P_i = 218.250$ u.m.			

7.4.3. Empleo de los árboles de decisión

Esta técnica está expuesta en el Apéndice II.3 del Anexo a esta Parte y a él nos remitimos en lo que respecta a una explicación más exhaustiva de la misma. Aquí nos limitaremos a desarrollar dos ejemplos ilustrativos.

EJEMPLO 7.2. Decisión inicial de capacidad mediante árboles de decisión

La empresa Dotou debe decidir la capacidad de sus nuevas instalaciones considerando un horizonte empresarial de tres años. Las probabilidades asociadas a la demanda futura, suministradas por el departamento de Marketing, son las siguientes:

- Existe una probabilidad de 0,4 de que la demanda sea alta durante los tres primeros años. Si esto es así, durante los cuatro años restantes podrá ser alta (probabilidad = 0,8) o baja (probabilidad = 0,2).
- Si la demanda es baja en los tres primeros años (probabilidad = 0,6), podrá continuar siéndolo hasta el final del horizonte temporal (probabilidad = 0,7) o podrá transformarse en alta (probabilidad = 0,3).

La Figura 7.9 ilustra las alternativas planteadas en función de lo que acontezca con la demanda. Se ha supuesto que, cualquiera que sea ésta, durante los tres primeros años no se hará nada independientemente de la decisión inicial. Respecto al segundo período de cuatro años, las posibles decisiones dependerán de cómo fue la demanda en el primer período (P1) y de si cambió o no en el segundo (P2).

Alternativa 1: Instalación de gran tamaño

- *Demanda alta en P1 y se mantiene en P2:* No se hace nada ⇒ nudo *A*: valor capital (VC_A) = 50.000.000 u.m.
- *Demanda alta en P1 y disminuye en P2* ⇒ dos posibilidades:
  a) No hacer nada ⇒ nudo *B*: VC_B = 20.000.000 u.m.
  b) Bajar los precios para aumentar la demanda ⇒ nudo *C*: VC_C = 30.000.000 u.m.
- *Demanda baja en P1.* Hay que decidir si se contrae o no la capacidad de la instalación.
  a) Si se opta por la *contracción y la demanda en P2 es:*
  Baja: No se hace nada ⇒ nudo *D*: VC_D = 20.000.000 u.m.

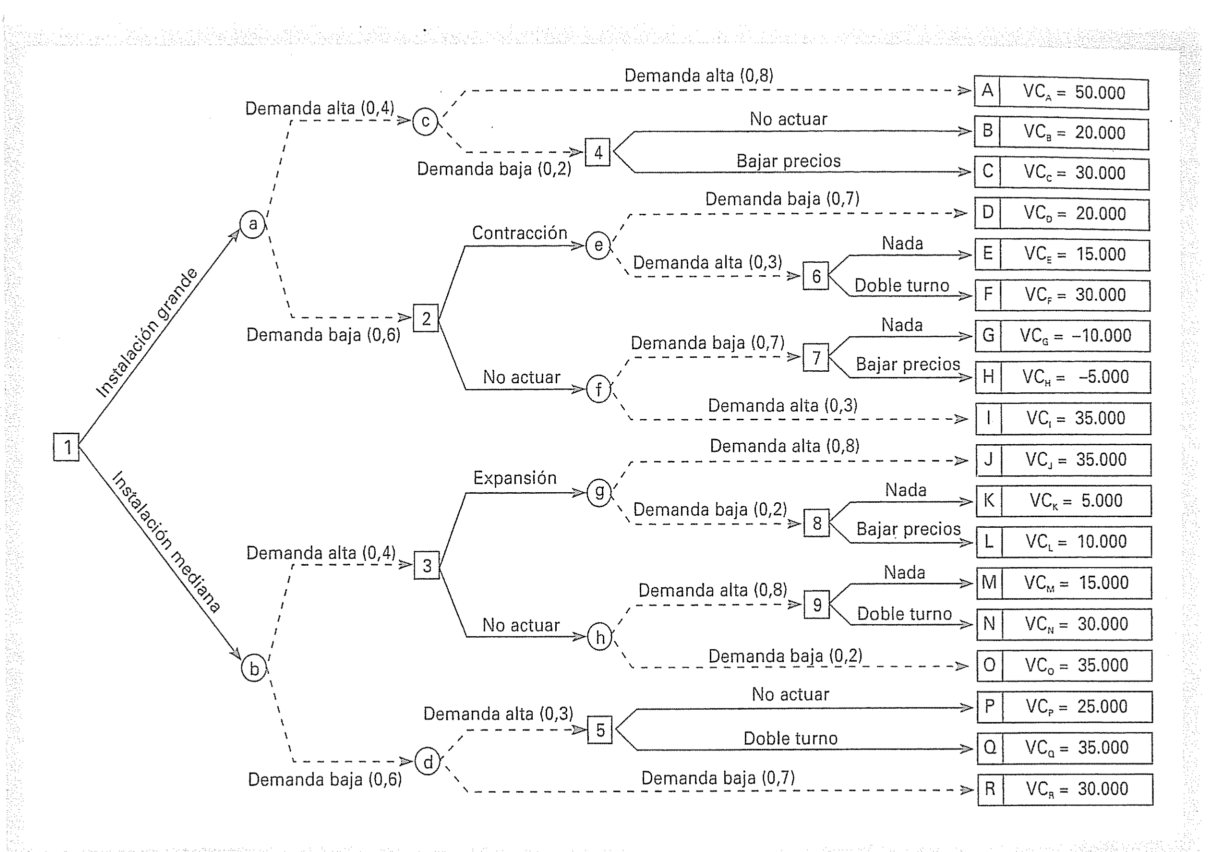


Figura 7.9. Arbol de decisión aplicado a un problema de capacidad a largo plazo (valores capitales expresados en miles de u.m.).

Alta: Dos posibilidades:
- No se hace nada ⇒ nudo *E*: VC_E = 15.000.000 u.m.
- Doble turno ⇒ nudo *F*: VC_F = 30.000.000 u.m.

b) Si *no se realiza contracción y la demanda en P2 es:*

Baja: Dos posibilidades:
- No se hace nada ⇒ nudo *G*: VC_G = −10.000.000 u.m.
- Bajar precios ⇒ nudo *H*: VC_H = −5.000.000 u.m.

Alta: No se hace nada ⇒ nudo *I*: VC_I = 35.000.000 u.m.

Alternativa 2: Instalación de tamaño mediano

- *Demanda alta en P1*: Hay que decidir si se expande o no la capacidad de la instalación.
  a) Si se opta por la *expansión y la demanda en P2 es:*
  Alta: No se hace nada ⇒ nudo *J*: VC_J = 35.000.000 u.m.
  Baja: Dos posibilidades:
  - No se hace nada ⇒ nudo *K*: VC_K = 5.000.000 u.m.
  - Bajar precios ⇒ nudo *L*: VC_L = 10.000.000 u.m.

  b) Si se opta por *no expansionarse y la demanda en P2 es:*
  Alta: Dos posibilidades:
  - No se hace nada ⇒ Nudo *M*: VC_M = 15.000.000 u.m.
  - Doble turno ⇒ Nudo *N*: VC_N = 30.000.000 u.m.

  Baja: No se hace nada ⇒ Nudo *O*: VC_O = 35.000.000 u.m.

- *Demanda baja en P1 y se incrementa en P2* ⇒ Dos posibilidades:
  a) No se hace nada ⇒ Nudo *P*: $VC_P = 25.000.000$ u.m.
  b) Doble turno ⇒ Nudo *Q*: $VC_Q = 35.000.000$ u.m.
- *Demanda baja en P1 y se mantiene en P2* ⇒ ⇒ Nudo *R*: $VC_R = 30.000.000$ u.m.

Con los datos anteriores, y operando como se indica en el Apartado II.3 del Anexo sobre técnicas, se han calculado los valores correspondientes a cada uno de los nudos del árbol, los cuales aparecen en la Figura 7.10. De acuerdo con ello, y en función del criterio elegido (mayor valor capital esperado), la decisión inicial más correcta sería *construir una instalación grande*.

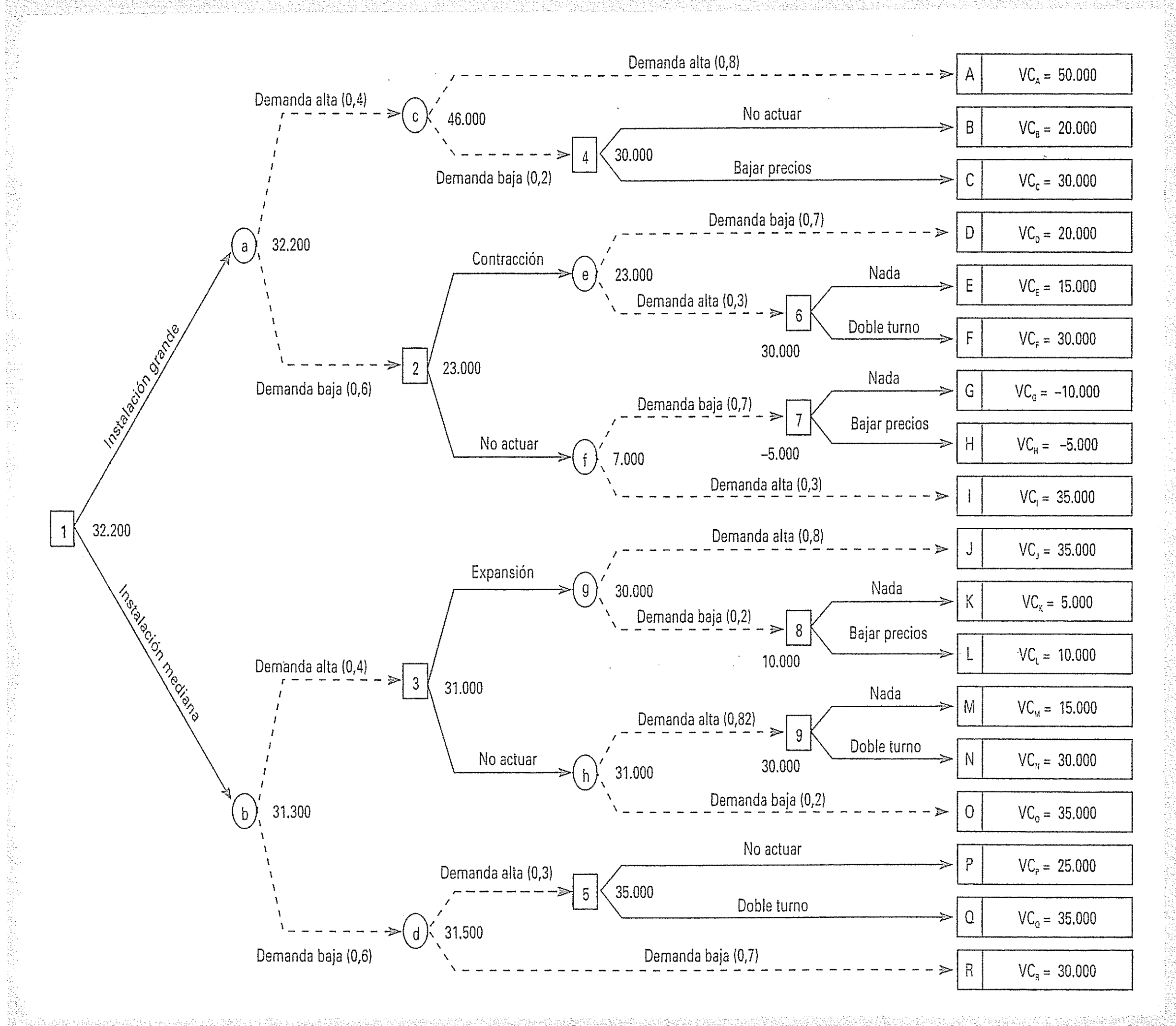


Figura 7.10. Valoración de las alternativas (en miles de u.m.).

EJEMPLO 7.3. Aplicación a un caso de servicios (Adam y Ebert (1992, pág., 178 y ss.))

Para reducir el déficit del sistema de transporte urbano de una ciudad se plantean dos alternativas. La primera implica una subida de tarifas simultaneada con una expansión del sistema; la segunda propone la subida de tarifas pero posponiendo la decisión de expansión a dos años más tarde, siendo de 8 años el horizonte temporal total a considerar. En relación con la evolución de la utilización del sistema se plantean tres posibilidades: que decrezca, que se mantenga o que aumente; esto último sólo será posible en el caso de una expansión previa. La Figura 7.11 muestra el planteamiento del caso; las cifras monetarias representan los costes de inversión y los déficit de las distintas posibilidades (en miles), supuestas actualizadas al momento inicial. Sabiendo, pues, que el servicio va a ser deficitario, se tratará de minimizar el déficit esperado.

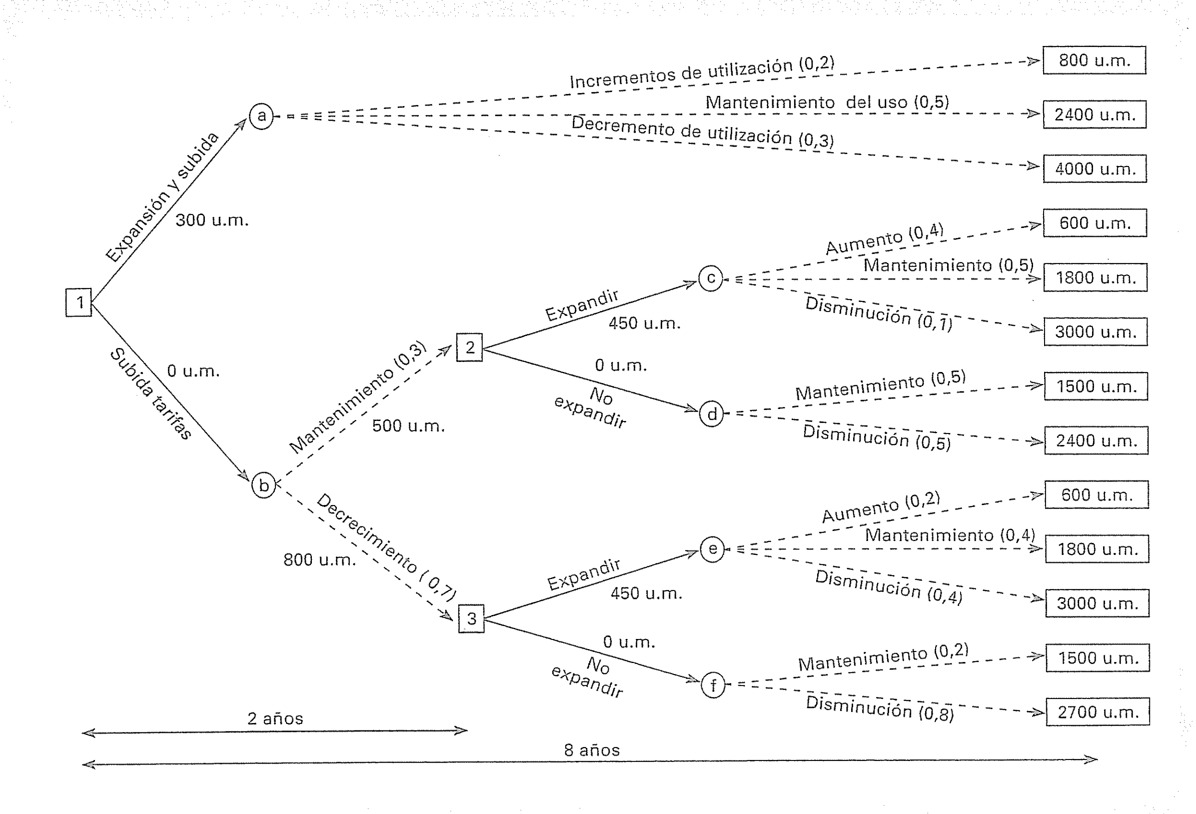


Figura 7.11. Planteamiento del problema.

Los cálculos de los déficit esperados, *DE*, en los distintos nudos son los siguientes:

$DE_a = 800 \times 0{,}2 + 2400 \times 0{,}5 + 4000 \times 0{,}3 = 2560$ u.m.
$DE_c = 600 \times 0{,}4 + 1800 \times 0{,}5 + 3000 \times 0{,}1 = 1440$ u.m.
$DE_d = 1500 \times 0{,}5 + 2400 \times 0{,}5 = 1950$ u.m.
$DE_e = 600 \times 0{,}2 + 1800 \times 0{,}4 + 3000 \times 0{,}4 = 2040$ u.m.
$DE_f = 1500 \times 0{,}2 + 2400 \times 0{,}8 = 2220$ u.m.
$DE_2 = \text{Min } [(1440 + 450), (1960 + 0)] = 1890$ u.m.
$DE_3 = \text{Min } [(2040 + 450), (2220 + 0)] = 2220$ u.m.
$DE_b = (500 + 1890) \times 0{,}3 + (800 + 2220) \times 0{,}7 = 2831$ u.m.
$DE_1 = \text{Min}(DE_a, DE_b) = \text{Min}[(2560 + 300), 2831] = 2831$ u.m.

La Figura 7.12 muestra la solución del problema planteado, observándose una pequeña ventaja en la decisión de posponer la expansión:

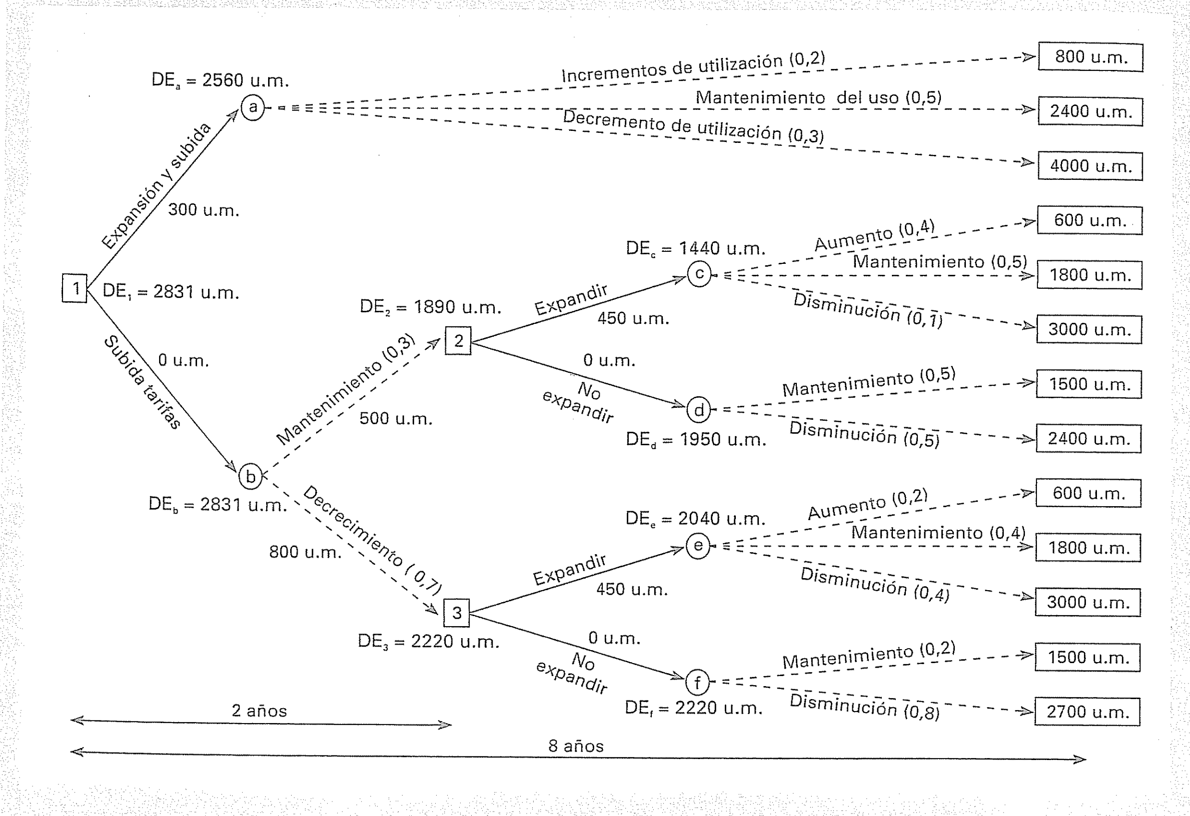


Figura 7.12. Solución del problema.

7.4.4. Las técnicas multicriterio

Como se indicó en los Apartados 7.2 y 7.3.4, son diversos los criterios a tener en cuenta a la hora de tomar la decisión definitiva en cuanto a la capacidad a largo plazo. Dichos criterios, tanto los cuantitativos como los cualitativos, pueden ser tenidos en cuenta simultáneamente gracias a las denominadas técnicas multicriterio que se exponen en el Apartado II.4 del Anexo a esta Parte. La Tabla II.2 de dicho Anexo, transformada convenientemente, puede servirnos para ilustrar un caso de decisión sobre capacidad a largo plazo (Tabla 7.5).

La resolución del caso en cuestión aparece en el citado Anexo mediante tres métodos diferentes. Si nos inclinamos por el método Electra I, el resultado será construir una planta pequeña.

Tabla 7.5. Puntuación de alternativas

Ponderaciones	Criterios/alternativas	Planta grande	Planta pequeña	Planta mediana
2,4	Economías de escala	8	6	6,5
2,5	Flexibilidad	5	7	7,5
3,5	Valor Capital	6,5	7	6
1,6	Riesgo de obsolescencia	6	8	7

7.5. CONSIDERACIONES FINALES

Resulta obvio que el problema de la capacidad y su planificación es algo común a las empresas de fabricación y a las de servicio; lo expuesto en los apartados anteriores suele ser aplicable a ambos tipos de empresa. Sin embargo, quizás convenga comentar que, especialmente en el medio y corto plazo, la problemática de la capacidad suele ser más difícil en el **caso de los servicios**, los cuales están sujetos a unas características particulares, como por ejemplo:

- La mayor parte no pueden almacenarse.
- En general se suministran y se consumen en el mismo espacio de tiempo.
- Suelen existir picos y valles de demanda diarios, semanales, mensuales y anuales, pudiendo darse simultáneamente más de uno de ellos para la misma compañía. Para resolver este tipo de problemas las empresas de servicios han desarrollado sistemas novedosos (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 3).
- Existe una inherente interacción entre productor y consumidor que convierte a este último en una fuente potencial de capacidad (por ejemplo: cajeros automáticos en bancos, autoservicio en gasolineras y restaurantes, etc.).

Esto último muestra la interacción existente entre el diseño del proceso y la decisión de capacidad, lo cual también ocurre en las empresas de fabricación. También hemos tenido ocasión de observar a lo largo del capítulo la estrecha relación existente entre dicha decisión y la de localización, especialmente, pero no únicamente, cuando las instalaciones actuales son insuficientes para satisfacer la demanda a largo plazo. Muy a menudo ambas decisiones son inseparables; no hay que olvidar que la capacidad depende de la demanda y que ésta puede ser fuertemente influida por la localización (especialmente en muchas empresas de servicios, tales como, Banca y alimentación). Es común deber decidir no sólo la capacidad total, sino el tamaño, el tipo y la localización de las posibles unidades individuales en que aquélla va a desglosarse.

También hemos expuesto las relaciones existentes entre la decisión que nos ocupa y otros aspectos productivos distintos del diseño, como, por ejemplo, la función de mantenimiento (véase Apartado 7.3.1). En ese sentido, *American Airlines* es un caso de empresa de servicios que combina las decisiones de capacidad a largo plazo con las de mantenimiento (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 227).

Algo que debe quedar claro es que la decisión sobre capacidad a largo plazo será tanto más acertada cuanto mayor coordinación y colaboración exista, no sólo entre los distintos directivos del Subsistema de Operaciones sino, como se desprende de lo expuesto en el presente capítulo, entre éstos y los responsables de los restantes subsistemas de la empresa, siendo especialmente significativos los de Márketing y Finanzas.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ADAM, E., y EBERT, R. J.: «Production and Operations Management», Prentice Hall, 1992.

AQUILANO, N., y CHASE, R.: «Fundamentals of Operations Management», Irwin, 1991.

BARNET, F. W.: «Elastic Capacity and Skin-Tight Costs: Low Budget Production Improvements», *Sloan Management Review*, Spring, 1990.

DURÁN, J. J.: «Economía y dirección financiera de la empresa», Pirámide, 1992.

DURBÁN, S.: «Introducción a las finanzas empresariales», Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 1993.

FERNÁNDEZ, M.: «Dirección financiera de la empresa», Pirámide, 1991.

GALBRAITH, C. S.: «Transfering Core Manufacturing Technologies in High Technology Firms», *California Management Review*, 4, 32, 1990.

GARZIANO, V. J.: «Production Capacity Planning-Long Term», *Production and Inventory Management*, 15, n.° 2, 1974.

HAYES, P., y WHEELWRIGHT, S.: «Restoring our competitive edge: Competing through manufacturing», John Wiley and Sons, 1984.

KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations Management», Addison Wesley, 1990.

LEONE, R. A., y MEYER, J. R.: «Capacity Strategies for the 1980's», *Harvard Business Review*, 58, n.° 56, 1980.

LUSS, H.: «Operations Research and capacity expansion problems: A survey», *Operations Research*, 30, 1982.

MACHUCA, J. A. D., y otros: «El subsistema financiero de la empresa», Pirámide, 1987.

MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; DOMÍNGUEZ MACHUCA, M. A.; RUIZ, A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1994.

MEREDITH, J. R.: «The management of operations», Wiley, 1992.

MARTÍNEZ ARAMBERRI, A.: «Costes, economías de escala y coordinación de empresas (I)», *ESTE*, n.° 44, 1980.

RUESGA, L.: «Explicaciones periféricas para una crisis», *DYNA*, n.° 4, 1984.

SCHROEDER, R. G.: «Operations Management», McGraw-Hill, 1993.

SKINNER, W.: «The focused factory», *Harvard Business Review*, mayo-junio 1974.

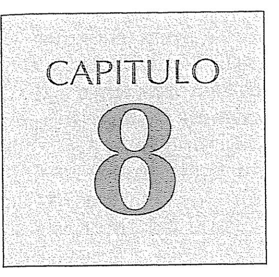
STARR, M. K.: «Managing Production and Operations», Prentice Hall, 1989.

STEVENSON, W. J.: «Production/Operations Management», Irwin, 1990.

SUÁREZ, A.: «Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa», Pirámide, 1993.

WEMMERLÖV, V.: «Capacity Management Techniques», *APICS*, 1984.

WHEELWRIGHT, S., y CLAREE, D.: «Corporate forecasting: Promise and Reality», *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre 1976.



LAS DECISIONES DE LOCALIZACION[1]

8.1. INTRODUCCION

Las empresas desarrollan sus operaciones en instalaciones de diverso tipo: plantas de transformación o/y de ensamble, almacenes para materiales y componentes o para productos terminados, puntos de venta o/y de asistencia postventa, oficinas, etc. En la configuración de las mismas convergen un conjunto de decisiones distintas, pero a la vez muy interrelacionadas, algunas de las cuales ya han sido abordadas en capítulos anteriores., Así, el **tipo** de instalaciones se determina, fundamentalmente, en función del *producto* (a fabricar, a almacenar o a vender en ella) o del *servicio* a ofrecer, así como del *proceso* productivo o la *tecnología* a emplear. Por otra parte, el **tamaño** de las instalaciones dependerá de la cantidad de producto o servicio a obtener; en definitiva, de la *capacidad* necesaria. Una cuestión adicional relacionada con las instalaciones es la elección del **lugar** en el que habrán de estar ubicadas (tema central del presente capítulo), así como la **distribución en planta** (Capítulo 9). Con ello quedarán analizadas las principales cuestiones que afectan a las instalaciones, a saber: ¿qué tipo de instalaciones se necesitan?, ¿qué tamaño han de tener?, ¿dónde deben estar ubicadas? y ¿cuál debe ser la distribución interna de los elementos?

Las decisiones de localización forman parte del proceso de formulación estratégica de la empresa. Una buena selección puede contribuir a la realización de los objetivos empresariales, mientras que una localización desacertada puede conllevar un desempeño inadecuado de las operaciones. En este capítulo estudiaremos el papel que éstas juegan como parte del Diseño del Subsistema de Operaciones, el proceso de toma de decisiones de localización y los factores más importantes que la afectan. Veremos también algunos instrumentos matemáticos que pueden ser utilizados para la elección de la ubicación más adecuada.

8.2. LAS DECISIONES DE LOCALIZACION: CAUSAS Y TIPOS

En general, las decisiones de localización podrían calificarse de infrecuentes; de hecho, algunas empresas sólo la toman una vez en su historia. Este suele ser el caso de las empresas pequeñas de ámbito local, pequeños comercios o tiendas, bares o restaurantes, etc. Para otras, en cambio, es mucho más habitual; por

[1] Coautor: Pedro Garrido Vega (Universidad de Sevilla).

ejemplo: bancos, cadenas de tiendas o restaurantes, empresas hoteleras, etc. Vemos, pues, que la decisión de localización no sólo afecta a empresas de nueva creación, sino también a las que ya están en funcionamiento. La frecuencia con que se presenta este tipo de problemas depende de varios factores; entre ellos, podemos citar el tipo de instalaciones (es mucho más común la apertura de tiendas o puntos de venta que la de fábricas) o el tipo de empresa (una firma de servicios suele necesitar más instalaciones que una industrial). En la actualidad, la mayor intensidad con que se vienen produciendo los cambios en el entorno económico está acrecentando la asiduidad con la que las empresas se plantean cuestiones relacionadas con la localización de sus instalaciones. Los mercados, los gustos y preferencias de los consumidores, la competencia, las tecnologías, las materias primas, etc., están en continuo cambio hoy día y las organizaciones han de adecuarse para dar la respuesta a estos cambios modificando sus operaciones (véase Capítulo 2). No es extraño, pues, que en un año normal, puedan construirse en los Estados Unidos más de 3.000 nuevas plantas y se amplíen otras 7.500, y ello sin tener en cuenta otros tipos de instalaciones más numerosas, como los almacenes, las oficinas o las de empresas de servicio (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 260).

Entre las diversas **causas que originan problemas ligados a la localización,** podríamos citar:

- Un *mercado en expansión*, que requerirá añadir nueva capacidad, la cual habrá que localizar, bien ampliando las instalaciones ya existentes en un emplazamiento determinado, bien creando una nueva en algún otro sitio.
- La *introducción de nuevos productos o servicios*, que conlleva una problemática análoga.
- Una *contracción de la demanda*, que puede requerir el cierre de instalaciones o/y la reubicación de las operaciones. Otro tanto sucede cuando se producen *cambios en la localización de la demanda*.
- El *agotamiento de las fuentes de abastecimiento* de materias primas también puede ser causa de la relocalización de las operaciones. Este es el caso que se produce en empresas de extracción cuando, al cabo de los años, se agotan los yacimientos que se venían explotando.
- La *obsolescencia* de una planta de fabricación por el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías, que se traduce a menudo en la creación de una nueva planta más moderna en algún otro lugar.
- La presión de la *competencia*, que, para aumentar el nivel de servicio ofrecido, puede llevar a la creación de más instalaciones o a la relocalización de algunas existentes.
- *Cambios en otros recursos*, como la mano de obra o los componentes subcontratados, o en las *condiciones políticas o económicas* de una región son otras posibles causas de relocalización.
- Las *fusiones y adquisiciones entre empresas* pueden hacer que algunas resulten redundantes o queden mal ubicadas con respecto a las demás. Este es el caso reciente de algunos de los grandes bancos españoles, que están reordenando sus redes de oficinas tras los procesos de fusiones que han vivido.

Los motivos mencionados son sólo algunos de los que pueden provocar la toma de decisiones sobre las instalaciones o, al menos, llevar a la empresa a reexaminar la localización de las mismas. Independientemente de cuáles sean las razones que lleven a ello, las **alternativas de localización** pueden ser de tres **tipos**, las cuales deberán ser evaluadas por la empresa antes de tomar una decisión definitiva:

- *Expandir una instalación existente.* Esta opción sólo será posible si existe suficiente espacio para ello. Puede ser una alternativa atractiva cuando la localización en la que se encuentra tiene características muy adecuadas o deseables para la empresa. Generalmente origina menores costes que otras opciones, especialmente si la expansión fue prevista cuando se estableció inicialmente la instalación.
- *Añadir nuevas instalaciones en nuevos lugares.* A veces ésta puede resultar una opción más ventajosa que la anterior (por ejemplo si la expansión provoca problemas de sobredimensionamiento o de pérdida de enfoque sobre los objetivos de las operaciones). Otras veces es simplemente la única opción posible. En todo caso, será necesario considerar el impacto que tendrá sobre el sistema total de instalaciones de la empresa (véase Apartado 8.10).
- *Cerrar instalaciones en algún lugar y abrir otra(s) en otro(s) sitio(s).* Esta opción puede generar grandes costes, por lo que la empresa deberá comparar los beneficios de la relocalización con los que se derivarían del hecho de permanecer en el lugar actualmente ocupado.

8.3. LA IMPORTANCIA DE LAS DECISIONES DE LOCALIZACION

La selección del emplazamiento en el que se van a desarrollar las operaciones de la empresa es una decisión de gran importancia. Aunque, como ya hemos apuntado, se trate generalmente de una decisión infrecuente, la significación de su impacto y las implicaciones que se derivan de ella justifican una atención y consideración adecuada por parte de la Dirección. Además, el carácter infrecuente hace que muchos directivos no estén habituados a afrontar este tipo de cuestiones (muchos de ellos no lo han hecho nunca o acaso una sola vez a lo largo de su carrera), y las interrelaciones con otras decisiones, ya de por sí complejas, dificultan la comprensión de la verdadera importancia que tienen.

Esta importancia viene justificada por dos razones principales. En primer lugar, las decisiones de localización de instalaciones *entrañan una inmovilización considerable de recursos financieros a largo plazo*, pues las instalaciones son generalmente costosas, sobre todo si se trata de sofisticadas plantas de fabricación. Una vez construidas, la inversión efectuada no es recuperable sin sufrir graves perjuicios económicos (algunos de los costes en que se incurre no son realizables), y ello además del tiempo y el esfuerzo empleados. Por tanto, se trata de una decisión rígida que compromete a la empresa durante un largo período de tiempo; no obstante, en algunos casos, la firma puede optar por instalaciones menos costosas o por alquilarlas, lo cual permite restar rigidez a esta decisión.

En segundo lugar, son decisiones que *afectan a la capacidad competitiva de la empresa;* así, una buena elección favorecerá el desarrollo de las operaciones de forma eficiente y competitiva, mientras que una incorrecta impondrá considerables limitaciones a las mismas. *Todas las áreas de la empresa pueden verse afectadas por la localización*, no sólo el área de Operaciones, sino también la función Comercial, la de Personal, la Financiera, etc. Por otro lado, hay que tener presente que las consecuencias negativas de una mala localización no resultan

siempre evidentes, pues suelen manifestarse en forma de costes de oportunidad y, por tanto, no vienen recogidas en los informes tradicionales de las empresas (Dilworth, 1992, pág. 140). La influencia de la localización sobre la competitividad no sólo procede de su influencia sobre los costes, sino también sobre los ingresos de la empresa. Es evidente que, para las empresas de servicios, la proximidad a los mercados es crítica para determinar la capacidad de atraer clientes; en empresas fabriles, la localización de las instalaciones en relación con el mercado influye sobre el tiempo de entrega de los productos y el nivel de servicio a los consumidores, lo cual afecta a su vez al volumen de ventas. Por lo que respecta a los costes, la localización puede influir en una gran diversidad de ellos (sirvan como ejemplo, los derivados de los terrenos, de la mano de obra, de las materias primas o los de distribución y transporte).

Las consideraciones anteriores muestran claramente que la selección del lugar en el cual van a ubicarse las operaciones no es una cuestión menor, sino que, como decíamos, requiere la debida atención por parte de la Dirección y de las distintas áreas empresariales implicadas, que deberán analizar todas las consecuencias que de ella se pueden derivar.

8.4. LA LOCALIZACION DE LAS INSTALACIONES Y LOS OBJETIVOS DEL SUBSISTEMA DE OPERACIONES

Podríamos afirmar que el *objetivo general* de la localización es la elección de un lugar para las instalaciones que favorezca el desarrollo de las operaciones. Esta meta se concreta en forma de *estrategias de localización*, que pueden diferir mucho entre empresas distintas, aun dentro de un mismo sector. Ello es así porque, como vimos anteriormente (Capítulos 2 y 3), las compañías pueden establecer diversas prioridades competitivas y estrategias de operaciones. La Estrategia de la empresa debe servir como marco en el cual se tomen las decisiones de localización, proveyéndolas al mismo tiempo de orientación sobre las direcciones o las líneas básicas que deben guiarlas. De esta forma, una empresa pública o no lucrativa, que pone más énfasis en el servicio a los clientes o usuarios, intentando sólo contener los costes, adoptará posiblemente estrategias de localización bastante diferentes de las de una empresa lucrativa, más orientada hacia el beneficio. Del mismo modo, una firma que busque el liderazgo en costes intentará instalarse donde el coste de las materias primas, de la mano de obra, del transporte, etc., sean más bajos. Si, por el contrario, tiene otras prioridades estratégicas, sus decisiones pueden diferir; por ejemplo, puede preferir lugares que le permitan mejor nivel de servicio, menores tiempos de entrega, mano de obra más cualificada, materias primas o componentes de mayor calidad, proveedores con mayor grado de fiabilidad, etc.

De otro lado, conviene recordar que las decisiones de localización (véase Apartado 8.1) son sólo una parte de las decisiones de diseño y, por consiguiente, están condicionadas por el conjunto de las estrategias en este ámbito. Así, una empresa industrial podría plantearse la alternativa entre mantener muy pocas plantas, pero grandes, o tener plantas más pequeñas pero en mayor número (véase Apartado 7.2). Detrás de esta elección suele existir un compromiso entre los costes de transporte y los de las instalaciones; los productos pueden llegar a los clientes, bien fabricándolos o almacenándolos cerca de ellos, bien transportándolos desde lugares más alejados. Si optásemos por la primera vía, sería necesario

un mayor número de instalaciones, por lo que el coste de transporte y entrega de los bienes sería más reducido, pero el coste de las instalaciones sería mayor. Si nos situásemos en el otro caso, sucedería justo lo contrario, es decir, al existir menos instalaciones se reduciría el coste de las mismas pero se elevarían los costes por desplazamientos. En el equilibrio entre unos costes y otros podría encontrarse, en teoría, el punto óptimo, aquél en el que se producen los menores costes totales (Figura 8.1). No obstante, como vimos anteriormente, hay que tener presente que el coste no es la única variable en juego, debiendo considerarse otros objetivos. Así, un mayor número de instalaciones implica mayor proximidad al cliente, lo que trae consigo menor tiempo de entrega de los pedidos, entregas más precisas, mejor servicio, etc. De este modo, podría ocurrir que el teórico «número óptimo» de instalaciones desde el punto de vista de los costes, correspondiese a niveles inadecuados de otros objetivos (o viceversa). En la Figura 8.2 se observa, a título ilustrativo, la relación existente entre el número de instalaciones y el nivel de servicio. Si se representase en esta figura el punto óptimo obtenido en la Figura 8.1, se observaría el nivel de servicio que le corresponde, el cual podría resultar excesivamente bajo para los deseos de la Dirección o para las condiciones competitivas del sector. Como norma general, la elección debe contemplar simultáneamente la consecución de los distintos objetivos, siendo la distinta prioridad de los mismos la que guíe la elección definitiva (véase Capítulo 2 y Apartados 8.9.4 y 8.9.5).

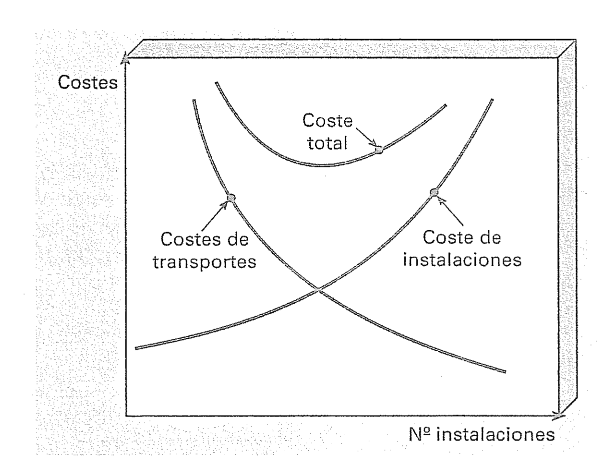


Figura 8.1. Relación entre los costes y el número de instalaciones.

Figura 8.2. Relación entre el número de instalaciones y el nivel de servicio.

Al mismo tiempo, tendría que definir *qué tipo de plantas desea* y, consecuentemente, qué relaciones van a existir entre ellas. Podemos distinguir, en este sentido, **cuatro opciones para las estrategias multiplantas**[2], las cuales pueden tener gran influencia en la consecución de los objetivos empresariales, condicionando, pues, la toma de decisiones (Schmenner, 1982, pág. 11 y ss.):

[2] Véase también Apartado 8.10.

- *Plantas orientadas al producto.* Una o pocas plantas producen un determinado producto o línea de productos, lo cual le permite una alta especialización, fabricar altos volúmenes y aprovecharse de las economías de escala. Sin embargo, los costes de transporte de materias primas y productos terminados serían más elevados y las consecuencias de una huelga o un desastre podrían ser muy graves.
- *Plantas orientadas al mercado.* En este caso, una planta produce todos o casi todos los productos que la empresa vende en una determinada área. El coste de producción puede resultar mayor, pero se reducen los costes de transporte y también el tiempo de entrega de los bienes, lo cual puede ser imprescindible para competir en ese sector.
- *Plantas orientadas al proceso.* Son aquellas centradas o especializadas en un segmento concreto del proceso de fabricación de la empresa o en la fabricación de un determinado tipo de componentes. Utiliza una o pocas tecnologías bastante específicas, lo que le permite una gran eficiencia y significativas economías de escala. En cambio, se incrementan las interrelaciones entre las plantas ya que en un producto final pueden intervenir componentes procedentes de distintos orígenes. Esto conlleva una proliferación de los transportes y un alto riesgo frente a huelgas o desastres.
- *Plantas de propósito general.* Son aquéllas que pueden ser dedicadas a diferentes funciones (productos, mercados o procesos) y que se mantienen, a veces, para dotar de flexibilidad al sistema.

8.5. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA TOMA DE DECISIONES DE LOCALIZACION

Como hemos podido constatar, la elección de una localización es una decisión compleja en la mayoría de los casos, tanto en sí misma como por sus interrelaciones. Aunque es cierto que, para algunas empresas, la localización viene determinada por un factor dominante que restringe el número de alternativas, en general, la cantidad de factores y de lugares involucrados en el análisis es enorme; si ello es así para compañías de ámbito nacional, lo es mucho más para aquéllas que operan a nivel internacional. Por lo que respecta a las firmas pequeñas de nueva creación, éstas se localizan típicamente en el lugar de residencia de su fundador y comienzan a expandirse en su entorno local o regional; las decisiones se suelen basar sobre todo en las preferencias y la intuición del propietario o, en todo caso, en estudios simples de carácter más bien informal. Las grandes empresas, en cambio, suelen considerar muchas más alternativas de localización y la decisión, que se toma a través de procedimientos formalizados, se fundamenta en estudios más amplios y rigurosos, cuya magnitud vendrá influida por la naturaleza y el alcance de la decisión que se ha de tomar. Hay ocasiones, sin embargo, en que se prescinde de cualquier tipo de estudio en la decisión de localización, como sucede, por ejemplo, cuando intervienen en ella intereses políticos o cuando se toma teniendo en cuenta los antecedentes industriales de una zona. En este último caso, la empresa se deja guiar por la localización de otras empresas, en el convencimiento de que si esa zona es adecuada para las demás, también lo ha de ser para ella.

Centrándonos en el enfoque formal vamos a describir un procedimiento típico. Partiremos del momento en que ha sido detectada la necesidad de localizar una nueva instalación o de relocalizar una ya existente, tras haber desechado otras posibles soluciones. Determinada y justificada la necesidad de iniciar un estudio de localización, *el primer paso será la constitución de un equipo multifuncional* encargado de realizar el estudio[3]. En él tendrán cabida representantes de las principales áreas de la empresa, ya que todas ellas se van a ver afectadas por la decisión (Operaciones, Ingeniería, Personal, Marketing, Finanzas, etc.). En dicho estudio será necesaria gran cantidad de información, buena parte de la cual no estará contenida o elaborada en los sistemas de información de la empresa, por lo que será necesario acudir a otras fuentes, tales como publicaciones especializadas, agencias gubernamentales, cámaras de comercio, entidades financieras, consultores, agencias de transporte, etc. También habrá que considerar la visita a posibles lugares de emplazamiento, pues la observación directa permitirá apreciar elementos subjetivos que pueden ser importantes en la decisión final.

Cuando las alternativas potenciales se extienden a regiones o países diferentes, la decisión se habrá de sistematizar en niveles geográficos. En este sentido, suelen distinguirse dos o tres niveles, según los autores, aunque la diferencia es más bien de forma que de contenido. Así, los que optan por *tres niveles*[4] distinguen el nivel *regional/internacional*, el de la *comunidad o ciudad* y el del *lugar concreto*, mientras que los que distinguen dos[5], hablan de *macroanálisis*, o evaluación de países, regiones, comunidades o ciudades, y *microanálisis*, o evaluación de emplazamientos específicos. En cualquiera de los niveles mencionados, el procedimiento de **análisis de la localización** abarcaría las siguientes fases:

a) **Análisis preliminar.** Se trataría aquí de estudiar las estrategias empresariales y las políticas de las diversas áreas (Operaciones, Marketing, etc.), para traducirlas en requerimientos para la localización de las instalaciones. Dada la gran cantidad de factores que afectan a la localización, cada empresa deberá determinar cuáles son los criterios importantes en la evaluación de las alternativas: necesidades de transporte, suelo, suministros, personal, infraestructuras, servicios, condiciones medioambientales, etc. El equipo de localización deberá evaluar la importancia de cada factor, distinguiendo entre los *factores dominantes o claves* y los *factores secundarios* (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 265). Los primeros se derivan de los objetivos estratégicos de la empresa y tienen un gran impacto sobre sus ingresos, sus costes o su posición competitiva; es necesario un fuerte grado de cumplimiento de los mismos para que la localización analizada sea considerada factible, sirviendo, pues, para limitar el número de alternativas. En cuanto a los factores secundarios, aun siendo importantes, pueden ser considerados como deseables pero no imprescindibles.

b) **Búsqueda de alternativas de localización.** Se establecerá un conjunto de localizaciones candidatas para un análisis más profundo, rechazándose aquéllas que claramente no satisfagan los factores dominantes de la empresa (por ejemplo: existencia de recursos, disponibilidad de mano de obra adecuada, mercado potencial, clima político estable, etc.).

---

[3] A veces puede ser un ejecutivo individual (normalmente el propio director ejecutivo) o el cuadro de directivos quienes se encarguen de ello. No obstante, Bass y otros (1977) encontraron que estas otras opciones resultaban menos efectivas.

[4] Véase, por ejemplo, Meredith (1992, pág. 211) o Stevenson (1990, pág. 233 y ss.).

[5] Véase, por ejemplo, Aquilano y Chase (1991, pág. 213) o Murdick, Render y Russell (1990, página 140).

c) **Evaluación de alternativas (análisis detallado).** En esta fase se recoge toda la información acerca de cada localización para medirla en función de cada uno de los factores considerados. Esta evaluación puede consistir en una medida cuantitativa, si estamos ante un factor tangible (por ejemplo: el coste del transporte) o en la emisión de un juicio si el factor es cualitativo (por ejemplo: clima político).

d) **Selección de la localización.** A través de análisis cuantitativos o/y cualitativos se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas. Dado que, en general, no habrá una alternativa que sea mejor que todas las demás en todos los aspectos, el objetivo del estudio no debe ser buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En última instancia, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la Dirección determinarán la localización definitiva.

Como indicamos anteriormente, cuando el estudio se hace en niveles toda esta secuencia se repetirá en cada uno de ellos, pudiendo variar los factores relevantes según el nivel geográfico (véase Cuadro 8.1) al que se hace referencia. Las alternativas válidas resultantes en un nivel servirán de punto de partida en la etapa siguiente; así, por ejemplo, las regiones aceptables serán el límite geográfico para la búsqueda de comunidades o ciudades a analizar. No obstante, muchas veces puede resultar conveniente combinar las fases de comunidades y lugares concretos ya que, a menudo, los factores a considerar en ambas están muy interconectados.

Para establecer si *un factor* debe considerarse en una determinada etapa de análisis, éste *deberá ser* a la vez *diferenciador* y *significativo*, esto es, sensible al nivel de agregación geográfica que se analiza y con un impacto considerable sobre los costes, los ingresos o la posición estratégica de la empresa (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 264).

8.6. FACTORES QUE AFECTAN A LA LOCALIZACION

En el apartado anterior pudimos ver que existe una gran cantidad de factores que pueden influenciar las decisiones de localización, variando su importancia de una industria a otra y para cada empresa particular, en función de sus circunstancias y sus objetivos concretos. Por ello, ya señalamos que una de las primeras tareas del equipo que realiza el estudio de localización es la determinación de aquellos factores que habrán de ser tenidos en cuenta en cada nivel de análisis, los cuales, en general, serán muy numerosos.

Entendiendo que no podríamos ser exhaustivos, ni generalizar una lista de factores o criterios importantes para cualquier empresa, vamos a comentar, no obstante, los principales factores que pueden influir sobre la localización, los cuales, como veremos, no siempre tienen carácter tangible. Aunque se pueden encontrar en la literatura distintas clasificaciones[6], en nuestro caso, aquéllos han sido agrupados en el Cuadro 8.1, atendiendo simplemente a razones de conveniencia didáctica.

[6] Véase, por ejemplo, Schroeder (1993, pág. 408), Dilworth (1992, pág. 142), Murdick, Render y Russell (1990, pág. 143) o Heizer y Render (1991, pág. 347).

Cuadro 8.1. Factores a considerar en la localización

A. Las fuentes de abastecimiento

La localización de los inputs que la instalación necesita es una cuestión importante. Ciertas empresas se localizan próximas a los lugares en los que se obtienen sus materias primas o a sus proveedores. Este tipo de localización puede venir explicada por diferentes razones (Stevenson, 1990, pág. 233):

- *Por la necesidad de asegurarse el abastecimiento.* Es el caso de las firmas que explotan o extraen recursos naturales (por ejemplo: las minas, las explotaciones agrícolas, las pesqueras, las granjas o las explotaciones forestales).
- *Cuando los inputs son perecederos.* Debido a ello no pueden ser transportados a largas distancias antes de ser procesados (por ejemplo: en el enlatado o conservación de productos agrícolas o en el procesamiento diario de productos frescos).
- *Por razones de transporte.* Cuando es más fácil o más económico transportar las salidas que las entradas. Esto sucede, por ejemplo, con aquellos procesos en los que hay una pérdida de volumen o peso de los productos, de tal forma que las entradas son más voluminosas o pesadas que las salidas, generándose mucho material de desecho (por ejemplo: la producción de papel a partir de los árboles). También es conveniente localizarse cerca de la fuente de aprovisionamiento cuando de un solo *input* de transporte difícil o costoso, se obtienen muchos *outputs*, fáciles de transportar de forma económica (procesos de tipo analítico).

Cuando los costes de transporte de las entradas son el factor más importante y existen muchas fuentes distintas, habrá que considerar el grado de dispersión de las mismas; si es grande, la localización conveniente se puede encontrar en el centro geográfico o, caso de que la importancia relativa de las fuentes sea muy diferente, en el centro de gravedad (véase Apartado 8.9.2). En cualquier caso, a la hora de juzgar una determinada localización desde el punto de vista de este factor, no sólo debe tenerse en cuenta la disponibilidad de los suministros, sino también, entre otras consideraciones, su coste (que puede variar entre lugares diferentes) su calidad, así como la fiabilidad de las entregas.

B. Los mercados

La localización de los clientes o usuarios es también un factor importante en muchos casos, siendo diversas las razones que pueden justificar dicha importancia. Estas pueden ser, por ejemplo, *razones de índole competitivo* cuando la localización determina el mercado al que se puede acceder, lo cual es muy frecuente en los servicios (por ejemplo, sucursales de bancos, clínicas, restaurantes, cines, supermercados, etc.). Los servicios públicos, como bomberos, policía, correos, hospitales, etc., también buscan (o deben buscar) localizaciones cerca del mercado al que pretender servir, aunque en ellos debe prevalecer la atención a las necesidades frente a las consideraciones económicas, sin desdeñar estas últimas.

Este factor también es importante cuando la entrega rápida de los productos es una condición necesaria para las ventas, siendo fundamental una estrecha relación o conexión con los clientes (como ocurre en el caso de artículos bajo pedido).

La localización de la competencia también forma parte de las consideraciones estratégicas, sobre todo para los servicios. Así, la existencia de un competidor en una zona puede hacerla inadecuada; otras veces, en cambio, las empresas buscan localizarse cerca de los competidores, o de otras firmas complementarias, con objeto de reforzar su poder de atracción de clientes. Así, es común encontrarse con zonas en donde se concentran zapaterías o cines, o con pequeñas tiendas o servicios dentro de las grandes superficies de distribución.

Otra razón posible puede proceder de que los *productos finales sean perecederos o frágiles*, los cuales no admiten, por tanto, muchos transportes y almacenamientos (por ejemplo: pastelerías, pescaderías que venden productos frescos, etc.).

También pueden darse *razones económicas, ligadas a los costes de transporte* de los productos terminados cuando aquéllos son muy importantes. Esto ocurre con productos muy pesados o voluminosos que proceden de procesos en los que se suman diversos *inputs* de transporte fácil o poco costoso (procesos de tipo sintético) o en los que los productos aumentan su peso o volumen gracias al añadido de recursos básicos como el agua o el aire (por ejemplo: empresas que fabrican envases de plástico o bebidas). Un proceso analítico también puede hacer aconsejable una localización cercana al mercado cuando el transporte de los múltiples productos se hace más numeroso y difícil por existir muchos mercados diferentes y/o utilizar canales de distribución heterogéneos. Ello haría más importante este coste de transporte que el de un suministro único, procedente de un único punto, cuyo transporte sería más homogéneo y uniforme.

En otros casos, *el cliente* puede decidir la localización de la producción cuando la empresa realiza proyectos tales como la construcción de edificios, presas, carreteras, etc. La imposibilidad de mover el output obliga a

trasladar los inputs al lugar en el que éste se ubicará y a realizar allí la casi totalidad de las operaciones.

C. Los medios de transporte y comunicación

Existen cuatro medios de transporte generales:

- El *transporte por agua*. Es, en general, el más barato para largas distancias, resultando adecuado para productos voluminosos o pesados (por ejemplo: petróleo, granos, hierro), pero, a su vez, es también el más lento, siendo además muy rígido por su accesibilidad limitada.
- El *ferrocarril*. Es más versátil que el transporte por agua, ya que permite acceder a zonas donde éste no llega. Además, puede transportar tanto productos pesados o voluminosos como otros más pequeños; aunque su coste unitario sea mayor, proporciona una mayor rapidez de embarque.
- El *transporte por carretera*. Suele realizarse a través de camiones y es el más versátil y flexible, tanto por los lugares a los que puede llegar como por los horarios. Como desventaja, presenta un mayor coste y una menor capacidad de carga. Resulta adecuado para transportes de volúmenes más reducidos a lugares específicos o para la fase final de transporte a un destino concreto combinado con otros medios.
- El *transporte aéreo*. Es el más rápido de todos y permite recorrer grandes distancias en tiempos mucho menores que cualquier otro medio. En su contra tiene el ser el más caro de todos, por lo que sólo es adecuado en casos concretos, tales como productos con alto valor añadido, necesidad de entregas muy rápidas, productos perecederos, etc.

Dado que diferentes materiales pueden necesitar diferentes medios de transporte, la empresa debe asegurarse de que en la localización elegida existan los que necesita. La disponibilidad de una amplia gama de los mismos puede facilitar y flexibilizar los transportes, a la vez que minimizar su coste, pues el coste unitario correspondiente puede variar de una localización a otra. En muchos casos, estos costes representan un componente significativo de los costes totales y, como hemos visto anteriormente, pueden influir en la localización próxima a los mercados o a las fuentes de abastecimiento.

Sin embargo, la disponibilidad y el coste no son las únicas consideraciones relacionadas con el transporte que han de tenerse en cuenta; también son importantes la capacidad de carga, la versatilidad del medio, la seguridad de la mercancía, el tiempo de entrega, etc. Cuando se analizan lugares concretos, la facilidad de acceso a los aeropuertos, puertos o estaciones, así como a las principales redes de carreteras, será otro importante factor.

Para las empresas internacionales, las consideraciones a tener en cuenta son aún más numerosas y más complejas; en este sentido los aranceles constituyen un elemento adicional que pueden hacer aconsejable la localización en zonas de libre comercio.

D. La mano de obra

El factor humano constituye, sin duda, uno de los principales inputs, habiendo sido, además, uno de los componentes que, tradicionalmente, han tenido mayor importancia en los costes de las empresas, aunque dicho aspecto esté perdiendo peso en entornos productivos tecnológicamente desarrollados (véase Capítulos 5, 10 y 11). No es extraño, pues, que suela seguir siendo considerado uno de los factores más importantes en las decisiones de localización, sobre todo para empresas de trabajo intensivo.

Son muchos los aspectos referentes a la mano de obra que pueden ser relevantes y merecen ser valorados. El primero de ellos es la disponibilidad de suficientes efectivos para cubrir las necesidades de las empresas. La mayoría de éstas se nutren de trabajadores de la zona en la que están emplazadas y, aunque algunas tratan de evitar ser los mayores empleadores, ya que esto las ata fuertemente a la comunidad, otras, en cambio, juzgan este hecho positivamente.

Otro factor a valorar es que las capacidades o habilidades de los empleados sean las requeridas por la empresa; de otro modo será necesario entrenarlos y formarlos, con el consiguiente coste y consumo de tiempo. En base a ello, por ejemplo, las empresas de alta tecnología están interesadas en localizarse cerca de centros de investigación, donde encuentran el personal técnico y científico que necesitan.

Otro dato fundamental, especialmente para la localización de instalaciones de trabajo intensivo, es el coste de la mano de obra (nivel de los salarios y otras prestaciones adicionales). Esta es la principal razón por la que muchas empresas instalan plantas de ensamble en países de bajo coste salarial (por ejemplo: México o los países asiáticos). El coste del factor trabajo, puede ser, pues, un factor discriminador entre países o regiones, aunque debe ser interpretado en relación con la productividad de los trabajadores, que puede variar mucho entre lugares diferentes. Un coste muy bajo de la mano de obra puede ser contrarrestado por una peor formación, una productividad más baja o una peor calidad.

El grado de asociacionismo o sindicación es, a veces, otro factor importante para las empresas, ya que puede traducirse en poder de presión y en un potencial de hostilidad. Otros aspectos significativos de la mano de obra son el nivel de absentismo, la rotación de los empleados y sus actitudes ante el trabajo (por ejemplo, los trabajadores de centros urbanos pueden tener actitudes diferentes que los rurales).

Todas estas consideraciones permiten determinar las zonas más favorables de acuerdo con este criterio, las cuales, como hemos visto, no tienen por qué coincidir con las de salarios más bajos.

E. Los suministros básicos

Cualquier instalación necesita de recursos básicos, tales como la energía y el agua, pero ello es especialmente crítico en las plantas de fabricación. La disponibilidad y el coste de las diversas fuentes de energía pueden influir sobre la localización, especialmente cuando las cantidades requeridas por la instalación sean muy elevadas. Otras consideraciones necesarias son la fiabilidad del suministro y otros servicios útiles para la empresa que puedan ser ofrecidos por los suministradores (por ejemplo: tarifas nocturnas, servicios de asistencia e instalación).

Del mismo modo, las instalaciones en las que se desarrollen procesos que necesiten de mucha agua pueden verse afectadas en su localización por la disponibilidad y el coste de la misma. Asimismo, cuando el proceso requiere aguas de cierto nivel de pureza, la calidad será un factor importante, pues, si ésta no es suficiente, la empresa tendrá que tratarla y controlarla, con el consiguiente coste. En este sentido, la empresa cervecera Cruzcampo se vio obligada a construir una planta purificadora en su fábrica de Sevilla ante el deterioro provocado en la calidad del agua por la pertinaz sequía de los últimos años.

F. La calidad de vida

Es un factor muy apreciado y considerado por las empresas en la localización de instalaciones, pues influye en la capacidad de atraer y retener al personal (sobre todo a directivos, técnicos y mano de obra cualificada), resultando más crítico en empresas de alta tecnología o en las dedicadas a la investigación. Aunque es difícil medir la calidad de vida, algunos aspectos de la misma son: la educación (existencia de escuelas y universidades con un buen nivel), el coste de la vida (vivienda, alimentación, ropa, etc.), las ofertas culturales y de ocio, baja criminalidad, sanidad adecuada, transporte público, clima, etc.

G. Las condiciones climatológicas de la zona

El proceso productivo puede verse afectado por la temperatura, el grado de humedad, la pluviometría, etc., por lo que pueden ser datos a tener en cuenta. Así, por ejemplo, una zona con inviernos duros o fuertes lluvias podría impedir la actividad algunos días al año, producir cortes de suministro de energía o teléfonos, retrasar entregas, etc. Asimismo, las condiciones climatológicas pueden hacer necesaria la instalación de calefacción o refrigeración y, con ello, incrementar los costes.

H. El marco jurídico

Las normas comunitarias, nacionales, regionales y locales inciden sobre las empresas, pudiendo variar con la localización. Un marco jurídico favorable puede ser una buena ayuda para las operaciones, mientras que uno desfavorable puede entorpecer y dificultar el desarrollo de las mismas. Entre la legislación a considerar se incluyen: la laboral, que incide sobre el coste, la sindicalización y otros aspectos de la mano de obra; la del suelo, que establece restricciones para determinadas áreas en cuanto a las instalaciones que en ellas se pueden ubicar o a las condiciones a cumplir en las instalaciones; la medioambiental, muy importante para empresas cuyos procesos generan desechos, olores, gases, ruidos o cualquier otra forma de contaminación o molestia (una legislación muy estricta puede requerir gastos extras en la eliminación o tratamiento de éstos problemas, aunque, como indicamos en el Capítulo 2, éstos puedan ser resueltos a medio o largo plazo). El nivel de burocratización de las administraciones también puede ser un elemento obstaculizador si los procedimientos administrativos (tales como los permisos de construcción) son largos y complejos.

I. Los impuestos y los servicios públicos

La presión fiscal varía entre las diferentes naciones, pero también entre las diferentes localidades (impuestos locales); si ésta es alta reduce el atractivo de un lugar, tanto para las empresas (al afectar a sus costes y al beneficio) como para los empleados. Los incentivos tributarios son un arma en poder de las autoridades para atraer empresas a sus territorios. Ahora bien, tasas demasiado bajas pueden ser sinónimo de malos servicios públicos (bomberos, policía, carreteras, drenaje, etc.); cuando ese sea el caso, puede ser preferible aceptar impuestos más altos.

J. Las actitudes hacia la empresa

La actitud de las autoridades puede ser desfavorable a la localización de ciertas empresas en su territorio (por ejemplo: industrias contaminantes o peligrosas). Si ello es así, será un importante obstáculo a considerar; si, por el contrario, existe una actitud favorable, el desarrollo de las operaciones se verá muy beneficiado. En general, las autoridades intentan atraer empresas a sus dominios, ya que son fuente de riqueza, empleo y contribuciones fiscales; esta actitud se refleja muchas veces en incenti-

vos, no sólo fiscales, sino también en ayudas financieras (préstamos, subvenciones, reducciones en tipos de interés), construcción de infraestructuras y otros beneficios (tal es el caso de los parques tecnológicos o de las zonas de industrialización).

También cuenta la actitud de la comunidad, que puede no coincidir con la de las autoridades. La opinión pública puede ser muy contraria a la instalación de ciertos tipos de industria, aunque no haya legislación contra ellas y los poderes públicos se muestren conformes, pudiendo surgir muchos problemas si no se modifica esta reacción.

K. Los terrenos y la construcción

La existencia de terrenos donde ubicarse a precios razonables, así como de moderados costes de construcción, son factores adicionales a considerar, pues ambos aspectos pueden variar mucho en función del lugar. A veces, adquirir un edificio ya existente puede ser la única posibilidad o puede resultar la más conveniente. También hay que considerar la disponibilidad de terreno extra en previsión de futuras ampliaciones.

L. Otros factores

Sin duda alguna, se podrían mencionar otros muchos factores que pueden influir en la localización. Así, por ejemplo, aspectos tales como la lengua, la cultura, la estabilidad política y social, la moneda, las trabas aduaneras, etc., pueden resultar muy importantes para las empresas que operan en el ámbito internacional (véase Capítulo 13).

En un estudio de localización estos *factores* podrían ser *agrupados según diferentes niveles de análisis geográfico*. Un ejemplo de esto podría ser el siguiente:

1. *Nación/región:*
   - Tamaño, potencial y localización de los mercados.
   - Disponibilidad, coste y calidad de las materias primas.
   - Sistemas de transporte e infraestructuras.
   - Clima económico, social y político.
   - Legislación e impuestos.
2. *Ciudad/localidad:*
   - Mano de obra: disponibilidad, cualificación, salarios, clima laboral.
   - Clima y condiciones medioambientales de la zona.
   - Medios de transportes y comunicaciones.
   - Calidad de vida: vivienda, educación, ocio y cultura.
   - Servicios públicos.
   - Actitudes de la comunidad y de las autoridades.
   - Incentivos fiscales, subvenciones, ayudas.
3. *Emplazamiento:*
   - Legislación sobre ordenación urbanística.
   - Suministros de agua y energía.
   - Costes del suelo y la construcción.
   - Acceso a vías principales de comunicación: carreteras, ferrocarril, puertos, aeropuertos.
   - Transportes y otros servicios públicos.
   - Impacto medioambiental.

8.7. TENDENCIAS Y ESTRATEGIAS FUTURAS EN LOCALIZACION[7]

Es obvio que la mayoría de los factores de localización no permanecen inalterables en el tiempo sino, más bien, todo lo contrario. El acelerado ritmo con el que se producen cambios en el entorno, una de las notas dominantes de la actualidad (véase Capítulo 2), está provocando que las decisiones de localización sean hoy mucho más comunes. En este apartado pretendemos tan sólo apuntar algunos de los cambios que están marcando dichas decisiones en nuestros días.

Uno de los fenómenos más importantes que estamos viviendo es la *creciente internacionalización de la economía*. Las empresas están traspasando fronteras para competir a nivel global. Las localizaciones en otros países distintos del de

[7] Este apartado está basado, fundamentalmente, en Krajewski y Ritzman (1990, pág. 260 y ss.).

origen están a la orden del día para las grandes empresas. Aparecen nuevos mercados (Europa del Este, China) y se unifican otros (UE, NAFTA). Todo ello intensifica la presión de la competencia, hace que los factores logísticos sean más complejos e importantes y que las empresas se vean obligadas a reexaminar la localización de sus instalaciones para no perder competitividad.

Al mismo tiempo, la *automatización de los procesos* en algunas industrias está contribuyendo a la pérdida de importancia del factor coste de la mano de obra y, por tanto, a hacer menos atractivos aquellos países o regiones con bajo nivel salarial; en cambio, la cualificación, la flexibilidad y la movilidad de la mano de obra están cobrando mayor significación. No obstante, el coste del factor trabajo sigue siendo un factor fundamental en algunas industrias y también en algunas fases de los procesos de fabricación de otras que, debido a ello, están trasladándose de los países desarrollados a otros como México, Taiwan, Singapur, etc., donde el nivel del salario por hora llega a ser hasta cincuenta veces inferior al de algunas naciones desarrolladas. En el caso mejicano, los bajos salarios, el favorable tipo de cambio del peso y la reciente incorporación a la NAFTA ha originado en su territorio una avalancha de instalaciones de importantes empresas japonesas, europeas y norteamericanas.

Otro aspecto destacado de nuestros días es la *mejora de los transportes y el desarrollo de las tecnologías informáticas y de telecomunicaciones*, lo cual está ayudando a la internacionalización de las operaciones y está posibilitando una mayor diversidad geográfica en las decisiones de localización. Esto, unido al mayor énfasis de la competencia en el servicio al cliente, el contacto directo, el rápido desarrollo de nuevos productos, la entrega rápida, etc., se está traduciendo en una tendencia a la localización cercana a los mercados. En lo que a la fabricación se refiere, gracias a las tecnologías flexibles (véase Capítulo 10) las empresas pueden optar por instalar plantas más pequeñas y numerosas.

Por otro lado, la mejora de las telecomunicaciones permite la centralización y el ensanchamiento de ciertas operaciones. Así, muchas empresas de servicios pueden llegar a los clientes desde lugares muy alejados. Del mismo modo, una empresa de fabricación puede optar por subcontratar la fase de producción a fabricantes locales, no necesitando ser propietaria de las instalaciones. En el extremo de esta práctica se encuentra la denominada empresa-red o empresa desmaterializada («*hollow corporation*»), que es aquélla que se limita a la gestión de un complejo sistema de información pero contrata sus operaciones a otras.

La adopción de sistemas JIT en algunas industrias está obligando a las empresas proveedoras y clientes a localizarse en una zona próxima para poder reducir los tiempos de transporte y realizar entregas frecuentes[8].

Por último, en algunos países se está produciendo un cierto *éxodo desde las grandes áreas urbanas a zonas suburbanas o rurales*. Ello se debe a la aparición de problemas relacionados con la masificación y el deterioro de la calidad de vida: alta criminalidad, alto coste del suelo, de la vivienda y de la vida en general, problemas de tráfico, etc. En los Estados Unidos más de la mitad de los nuevos empleos creados en la industria en las dos pasadas décadas lo fueron en áreas no urbanas.

[8] Véase J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulos 6 y 7).

8.8. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS METODOS DE EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS DE LOCALIZACION. CLASIFICACION DE LOS MISMOS

La gran cantidad y diversidad de factores involucrados en el análisis de la localización, unido al hecho de que el número de emplazamientos alternativos puede ser teóricamente ilimitado, permite afirmar que no existe un único método universalmente válido para tomar este tipo de decisiones. Prueba de ello es la enorme proliferación de métodos existentes, los cuales suelen contemplar sólo una parte de los factores y aspectos a considerar. Es por esto que, dada la importancia de este tipo de decisión y las consecuencias estratégicas de la misma, a veces será necesario combinar varios métodos de forma que se obtenga una visión más completa del problema.

Por otra parte, las decisiones de localización son difícilmente optimizables, por lo que las soluciones posibles sólo podrán catalogarse de satisfactorias. Ello es lógico pues la consideración de todos los factores y lugares disponibles es casi imposible o, en todo caso, requeriría un esfuerzo tan enorme que consumiría una cantidad de recursos excesivos y llevaría un tiempo enormemente dilatado. Posiblemente, semejante derroche no quedaría compensado por los resultados obtenidos. De otro lado, no hay que perder de vista que la evaluación corre a cargo de un grupo de personas (el equipo de estudio de localización) y que muchos de los factores intervinientes son de carácter cualitativo, dependiendo su valoración de impresiones subjetivas. Además, no está claro que exista una única localización que sea mejor que todas las demás hasta el punto de superarlas de forma decisiva, como demuestra el hecho de encontrarnos con empresas del mismo tipo compitiendo con éxito (o en buenas condiciones) desde lugares diferentes. Así pues, generalmente no existirán localizaciones que sean mejores en todos los aspectos, sino que cada alternativa tendrá sus ventajas o puntos fuertes y sus desventajas o puntos débiles. En todo caso, la firma debe ser consciente de ello para ajustar su elección a su Estrategia Empresarial.

Hay que recordar, además, que las decisiones de localización son de largo plazo y que se basan en estimaciones y previsiones que, por extenderse en un horizonte temporal de varios años, se hacen más imprecisas. Esto quiere decir que deberán tenerse presente, no sólo las condiciones actuales en cada posible ubicación, sino también sus previsibles evoluciones a medio y largo plazo, lo cual convierte la cuestión en un problema de naturaleza dinámica, es decir, una buena localización para hoy puede no serlo en el futuro.

Por lo que se refiere a las técnicas disponibles, existe un área de investigación denominada teoría de la localización[9] que arranca con Weber a principios de este siglo y que está resultando enormemente fértil desde los años 60, habiendo creado infinidad de métodos analíticos cuyas aplicaciones se extienden más allá de la administración de empresas (arquitectura, ingeniería, urbanismo, etc.) lo cual la convierte en un área pluridisciplinaria. Una posible clasificación de los distintos métodos puede hacerse en función de la naturaleza de las técnicas utilizadas en el análisis de la localización. De acuerdo con ello, es frecuente distinguir **tres tipos de métodos**: exactos, heurísticos y de simulación, aunque pueden existir otras clasificaciones (véase Cuadro 8.2)[10].

[9] Puede verse una amplia revisión y descripción de los principales métodos de la teoría de la localización en Brandeau y Chiu (1989). Francis, McGinnis y White (1992) ofrecen un análisis sistematizado de algunos de ellos.

[10] Elaborado a partir de Ballou (1992, pág. 323 y ss.).

Los métodos exactos son capaces de ofrecer una solución teóricamente óptima, aunque ya comentamos que ello, en realidad, es imposible. Este sería, en teoría, el tipo de técnicas idealmente aconsejables, pues proporcionarían la mejor de todas las soluciones para los datos considerados. No obstante, presentan importantes desventajas; por un lado, la modelización del problema puede requerir simplificar demasiado la realidad, lo cual limita en gran medida la validez de los resultados y, de otro lado, la representación del problema puede hacer tan complejo el modelo que no resulte técnicamente resoluble, o que requiera tal cantidad de cálculos y de tiempo que su coste se haga prohibitivo o no sea operativo.

En esta categoría de modelos podemos incluir una gran variedad, que va desde los más simples, que pueden resolverse a través de procedimientos gráficos o que requieren un bajo nivel de análisis matemático, a los más sofisticados (véase Apartado 8.9). Entre los más simples podemos citar el método de los factores ponderados, el cálculo del centro de gravedad o los gráficos de volúmenes/ingresos/costes. Otros algo más sofisticados serían los árboles de decisión, las técnicas Electra o el análisis de regresión[11]. En cuanto a la programación matemática, ha sido muy utilizada la programación lineal y, especialmente, el método del transporte, aunque también se han empleado otras variantes más complejas, tales como la programación dinámica (por ejemplo: Love, 1976), la programación multiobjetivos (por ejemplo: Lee y Luebbe, 1987) o la programación entera (por ejemplo: ReVelle, 1993) que parece ser la que despierta mayor interés en la actualidad.

Los métodos heurísticos establecen, como ya sabemos, una serie de reglas o procedimientos que facilitan la búsqueda de una solución satisfactoria, reduciendo significativamente el esfuerzo computacional, el tiempo y el coste de la resolución. Existen muchos métodos de este tipo desarrollados para una buena cantidad de situaciones diversas (por ejemplo: Ardalan, 1984). Frente a su mayor operatividad y eficiencia, el principal inconveniente reside en el hecho de que no aseguran que la solución encontrada sea la mejor de todas. No obstante, dado el tipo de decisiones que estamos tratando, en muchas ocasiones puede no compensar la búsqueda de la utópica solución óptima; además, los métodos heurísticos permiten, con frecuencia, una representación del problema más realista que la proporcionada por los métodos exactos y hacen posible el tratamiento de problemas para los cuales éstos no son aplicables.

La simulación parte de la modelización del problema para, posteriormente, simular el comportamiento del mismo. Existen muchos modelos de simulación que han sido aplicados con éxito a casos reales[12]. La principal ventaja de esta técnica es que permite una representación del problema más aproximada a la realidad, incluyendo multitud de aspectos, variables y parámetros (el uso del ordenador resulta fundamental para manejar la gran cantidad de datos que requieren estos modelos). Como en los casos anteriores, no ofrecen una solución óptima al problema. No obstante, es preferible una solución subóptima, para un planteamiento del problema en términos más exactos, que una solución supuestamente óptima para una descripción más deficiente del mismo. Una ventaja adicional de la simulación es que permite comparar diferentes políticas, integrando en el análisis un conjunto de variables interrelacionadas, lo cual ofrece una visión del problema desde una perspectiva más global. La búsqueda de la solución en los

[11] Puede verse una aplicación a la localización de hostales en Kimes y Fitzsimmons (1990).

[12] Puede verse un modelo para la localización de almacenes en Rosenfield y Copacino (1985).

modelos de simulación se realiza a través del análisis del impacto de diferentes alternativas en diversas situaciones. La eficiencia y calidad de los resultados dependerán de la exactitud en la representación de la realidad y de la habilidad y conocimientos del usuario para analizar alternativas y situaciones útiles.

Algunos simuladores específicamente creados para problemas logísticos son (Ballou, 1992, pág. 295): Lreps, Pipeline Manager, LSD o Locate. Otros lenguajes de simulación de propósitos más generales son: Simscript, GPSS, Simula, Dynamo, Simfactor y Slam.

Cuadro 8.2. Distintos criterios para clasificar los métodos de localización

- **Factor dominante.** En muchas ocasiones existe un factor cuya significación es decisiva, en cuyo caso, el método utilizado se centra en la valoración del mismo (por ejemplo: en el supuesto de las plantas de fabricación el factor dominante suele ser el coste; en los almacenes, el transporte; en los servicios, el ingreso; en los servicios públicos, su accesibilidad para los usuarios, etc.).
- **Número de instalaciones.** Existen métodos para el caso de analizar la ubicación de una única instalación y otros para el caso de varias a la vez. Este segundo caso es substancialmente diferente y más complejo que el primero, al tener que considerar las interrelaciones entre las distintas instalaciones.
- **Número de alternativas.** Algunos métodos consideran como posibles alternativas todos los puntos geográficos de una zona determinada (*métodos continuos*); otros, sin embargo, sólo analizan una lista de ubicaciones preseleccionadas (*métodos discretos*).
- **Nivel de agregación geográfica.** Ya hemos comentado como, en muchos casos, el análisis se realiza en etapas con diferentes niveles de agregación geográfica, pudiendo variar la utilidad de los métodos en función de los mismos.
- **Horizonte temporal.** Los métodos pueden ser catalogados como *estáticos* (la mayoría de ellos), cuando se basan en datos para un determinado período o en datos medios, y *dinámicos*, si consideran la planificación de la localización estableciendo estrategias multiperíodos.

8.9. ALGUNOS METODOS CUANTITATIVOS PARA LA LOCALIZACION

En este apartado nos centraremos en algunas técnicas de tipo matemático que pueden ser utilizadas en la comparación de alternativas y selección de la localización. La característica fundamental de todas ellas es su sencillez y, al mismo tiempo, su generalidad, lo cual las hace aptas para un gran número de situaciones diferentes. Sin embargo, esto no debe llevar a pensar que no sean válidas; sencillez no significa inutilidad, al igual que complejidad y sofisticación no siempre conllevan precisión y rigor. Por el contrario, estas cualidades las hacen muy útiles para realizar una primera evaluación o para acotar la búsqueda de soluciones; pueden ser utilizadas de forma complementaria ya que suelen centrarse en aspectos parciales del problema de decisión[13]. Aunque nos ceñiremos, fundamentalmente, a aquéllas que emplean datos cuantitativos, también abordaremos las técnicas multicriterio; éstas últimas permiten incorporar juicios subjetivos y combinarlos con factores cuantitativos, mejorando, por tanto, la decisión y haciéndola más realista.

[13] Ya señalamos anteriormente que no existe un método universalmente aplicable y que comprenda todos los aspectos relevantes del problema de localización.

8.9.1. Gráficos de volúmenes, ingresos y costes: análisis del punto muerto[14]

Hemos visto que la localización puede afectar tanto a los costes como a los ingresos. El análisis de las gráficas de punto muerto puede ayudar a establecer comparaciones entre diversas alternativas, considerando ambos factores para diferentes volúmenes de producción y venta.

Los *ingresos* pueden verse afectados por la localización cuando la capacidad para atraer clientes dependa de la proximidad a los mismos, lo cual, como ya dijimos, suele suceder con las empresas de servicios, mientras que en las empresas industriales suele ser menos frecuente (muchas veces el cliente no conoce, ni le importa, donde han sido fabricados los productos que consume).

En cuanto a los *costes*, el análisis del punto muerto distingue entre costes fijos y variables, pudiendo variar ambos según el sitio elegido. Los costes fijos incluyen el coste de adquisición de la instalación, los del suelo, los de construcción de los edificios o el alquiler, que pueden cambiar considerablemente entre lugares distintos (no es lo mismo ubicarse en algún punto de Madrid que hacerlo en Huelva o en Badajoz). Del mismo modo, los costes variables, que incluyen la mano de obra, las materias primas o los costes de transporte, entre otros, también dependen del lugar en que se instale la actividad.

Pocas veces se encontrará una alternativa que sea, simultáneamente, mejor que las demás en términos de ingresos y costes, tantos fijos como variables. Podrá ocurrir que unas permitan obtener mayores ingresos pero ocasionando mayores costes, o que los costes fijos de una opción sean reducidos pero los variables sean mucho más altos, etc. Los gráficos objeto del presente apartado pueden ayudar en la comparación de alternativas de localización basándonos en estas cuestiones (véase Apartado 8.3), aunque debemos ser conscientes de su limitaciones (véase Apartado II.2).

EJEMPLO 8.1. Aplicación del análisis del punto muerto a la localización. Caso de ingresos dependientes de la ubicación

Una empresa de servicios está analizando dos alternativas de localización, *A* y *B*, desde el punto de vista de los beneficios potenciales de cada ubicación (Figura 8.3). Puede observarse que la primera ubicación ofrece menores costes fijos que la segunda, pero que tiene un mayor coste variable unitario. La función de ingresos se supone la misma para las dos opciones, sin embargo, por tratarse de una empresa de servicios, el volumen de ventas variará con la localización, siendo el esperado en $A(V_A)$, mayor que el de $B(V_B)$, de tal forma que, en el presente caso, su diferencia ($DI = I_A - I_B$) supera a la diferencia de sus respectivos costes totales ($DCT = CT_A - CT_B$). Ello hace preferible la alternativa *A*, pues reporta un mayor beneficio.

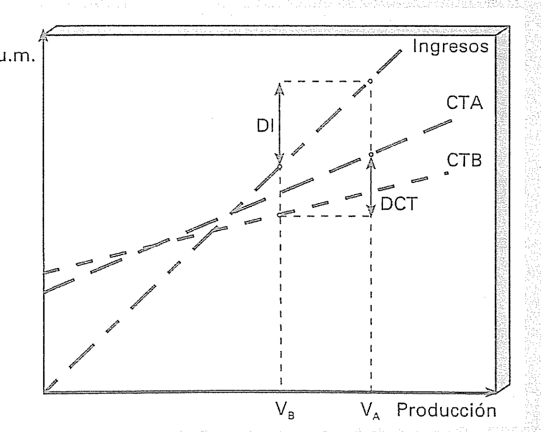


Figura 8.3. Funciones de ingreso y coste.

[14] Véase el Anexo a la Parte II (Apartado II.2).

EJEMPLO 8.2. Aplicación del análisis del punto muerto a la localización. Caso de ingresos independientes de la ubicación

Supongamos que una empresa pretende elegir una ubicación para una planta de fabricación en función de los costes, ya que el ingreso por ventas no se verá afectado por la misma; esto es, se supone que venderá la misma cantidad, independientemente de dónde se instale. La empresa estudia cuatro posibles alternativas, para las cuales ha estimado los costes fijos y variables que aparecen en la Tabla 8.1.

La opción *A* es la que provoca menores costes fijos, sobre todo por lo que se refiere a impuestos y alquileres. Por el contrario, el coste variable es bastante alto al tratarse de una zona más alejada, lo que provoca mayores costes de transporte de materias primas, personal, etc. La ubicación en *B* tiene la ventaja de ofrecer mano de obra más barata, así como aprovisionamiento bastante económicos. Por lo que respecta a la alternativa *C*, resulta ser justamente lo contrario de *A*; sus costes fijos son más elevados pero los variables son los más reducidos. El emplazamiento *D*, por su parte, está en una posición intermedia tanto en costes fijos como en variables.

La representación de las funciones de coste en la Figura 8.4, pone de manifiesto la alternativa más conveniente para cada nivel de demanda. Puede verse cómo la alternativa *A* produce los menores costes para volúmenes de hasta 100 un., la *B* para valores comprendidos entre 100 y 150 un. y la *C* para cifras superiores a 150 un. La alternativa *D* quedaría rechazada ya que se ve siempre superada por alguna de las otras.

Tabla 8.1. Costes fijos y variables en cada opción

Tipos costes		*Sitios a elegir* A	B	C	D
Fijos	Alquileres	140	200	300	250
	Impuestos	100	300	400	300
	Producción	360	400	500	350
	Otros	300	400	400	350
Totales		900	1300	1600	1250
Variables	Materiales	5	3	4	5
	Mano de obra	6	5	8	8
	Transportes	7	6	2	3
	Otros	3	3	1	3
Totales		21	17	15	19

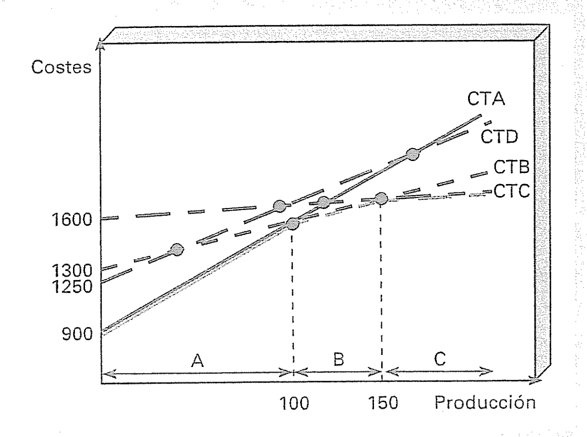


Figura 8.4. Funciones de coste.

8.9.2. Método del centro de gravedad

Es un método simple y parcial que se limita a analizar un único factor de localización: el coste de transporte. Puede ser utilizado, principalmente, para la ubicación de plantas de fabricación o almacenes de distribución respecto a unos puntos de origen, desde donde se reciben productos o materias primas, y a otros de destino, a los cuales se dirigen sus salidas. Dado ese conjunto de puntos, el problema a resolver consiste en encontrar una localización central que minimice el coste total de transporte (CTT). Este se supone proporcional a la distancia recorrida y al volumen o peso de los materiales trasladados hacia o desde la instalación, por lo que puede expresarse como CTT $= \Sigma\, c_i\, v_i\, d_i$, donde c_i es el coste unitario de transporte correspondiente al punto i (éste puede diferir o no con el tipo de material y con i), v_i es el volumen o peso de los materiales movidos desde o hacia i, y d_i es la distancia entre el punto i y el lugar donde se encuentra la

instalación. Para calcular CTT se deberán estimar las cantidades movidas entre cada punto y la instalación para un determinado horizonte temporal (un mes, un año, etc.). El producto $c_i v_i$ constituye el peso, w_i, o importancia que cada punto, i, tiene en el emplazamiento de la instalación, de forma que a mayor w_i más cercana se habrá de encontrar la instalación del punto correspondiente.

Para medir las distancias se puede trabajar sobre un mapa o plano a escala; así, al superponerle un sistema de ejes coordenados, cada punto geográfico vendrá identificado por un par de valores, el de su ordenada y el de su abscisa, lo cual permitirá calcular las distancias entre cada punto y la instalación. Aunque existen otras, las dos medidas más utilizadas son las siguientes:

- La *distancia rectangular*: cuando los desplazamientos se hacen a través de giros de 90°, es decir, siguiendo movimientos en dos direcciones, horizontales y verticales. Esta medida podría utilizarse para el caso de analizar una localización dentro de una ciudad. Llamando K al factor de escala y siendo (x, y) el lugar donde ésta se encuentra, su valor vendría dado por:

$$d_i = K(|x - x_i| + |y - y_i|) \qquad [1]$$

- La *distancia euclídea*: es la línea recta que une el punto i con el lugar ocupado por la instalación. La distancia sería:

$$d_i = K[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{1/2} \qquad [2]$$

En realidad, ambas son sólo aproximaciones a la distancia real pero, al resolver el problema, se incurre en errores similares para todas las localizaciones, con lo que la distorsión global de la solución suele ser pequeña[15].

Para llegar a la localización «óptima» puede partirse de una buena solución inicial calculando el *centro de gravedad* dentro del área marcada por las distintas localizaciones. Las coordenadas que definen ese punto central vendrían dadas por las expresiones:

$$x^* = \Sigma\, c_i v_i x_i / \Sigma\, c_i v_i \qquad y^* = \Sigma\, c_i v_i y_i / \Sigma\, c_i v_i \qquad [3]$$

Este punto no se corresponde necesariamente con el óptimo para ninguna de las medidas de distancia anteriores, pero es una aproximación bastante buena, por lo que podría aceptarse como solución al problema. En caso de desear mayor precisión, se podrían realizar cálculos incrementales de la siguiente forma: se desplaza la solución una pequeña distancia en todas las direcciones (norte, sur, este y oeste) y se comprueba si el coste decrece en alguna de ellas; si esto no ocurre, se estaría en el óptimo, pero, en caso contrario, habría que seguir moviéndose en aquella dirección en la que disminuye el coste, repitiéndose el proceso tantas veces como sea necesario.

Para el **caso de utilizar distancias rectangulares**, puede encontrarse directamente la solución óptima[16] a través del **modelo de la mediana simple**. El proceso sería el siguiente (véase Ejemplo 8.3):

- Se identifica el valor medio de las cantidades desplazadas ponderadas por sus costes, $c_i v_i / 2$.

[15] A veces es posible operar con grafos en los que los vértices representan los distintos centros a considerar y las ramas las vías de comunicación entre ellos, lo cual resulta más realista pero nos sitúa ante un tipo de problemas distinto y más complicado, la *localización sobre redes*.

[16] La solución óptima no siempre es única, esto es, un solo punto, sino que puede ser también un segmento, horizontal o vertical, o una zona rectangular.

EJEMPLO 8.2. Aplicación del análisis del punto muerto a la localización. Caso de ingresos independientes de la ubicación

Supongamos que una empresa pretende elegir una ubicación para una planta de fabricación en función de los costes, ya que el ingreso por ventas no se verá afectado por la misma; esto es, se supone que venderá la misma cantidad, independientemente de dónde se instale. La empresa estudia cuatro posibles alternativas, para las cuales ha estimado los costes fijos y variables que aparecen en la Tabla 8.1.

La opción *A* es la que provoca menores costes fijos, sobre todo por lo que se refiere a impuestos y alquileres. Por el contrario, el coste variable es bastante alto al tratarse de una zona más alejada, lo que provoca mayores costes de transporte de materias primas, personal, etc. La ubicación en *B* tiene la ventaja de ofrecer mano de obra más barata, así como aprovisionamiento bastante económicos. Por lo que respecta a la alternativa *C*, resulta ser justamente lo contrario de *A*; sus costes fijos son más elevados pero los variables son los más reducidos. El emplazamiento *D*, por su parte, está en una posición intermedia tanto en costes fijos como en variables.

La representación de las funciones de coste en la Figura 8.4, pone de manifiesto la alternativa más conveniente para cada nivel de demanda. Puede verse cómo la alternativa *A* produce los menores costes para volúmenes de hasta 100 un., la *B* para valores comprendidos entre 100 y 150 un. y la *C* para cifras superiores a 150 un. La alternativa *D* quedaría rechazada ya que se ve siempre superada por alguna de las otras.

Tabla 8.1. Costes fijos y variables en cada opción

	Tipos costes	*Sitios a elegir* A	B	C	D
Fijos	Alquileres	140	200	300	250
Fijos	Impuestos	100	300	400	300
Fijos	Producción	360	400	500	350
Fijos	Otros	300	400	400	350
	Totales	900	1300	1600	1250
Variables	Materiales	5	3	4	5
Variables	Mano de obra	6	5	8	8
Variables	Transportes	7	6	2	3
Variables	Otros	3	3	1	3
	Totales	21	17	15	19

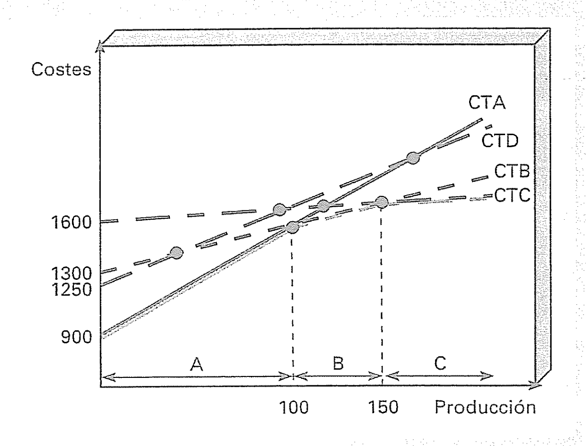


Figura 8.4. Funciones de coste.

8.9.2. Método del centro de gravedad

Es un método simple y parcial que se limita a analizar un único factor de localización: el coste de transporte. Puede ser utilizado, principalmente, para la ubicación de plantas de fabricación o almacenes de distribución respecto a unos puntos de origen, desde donde se reciben productos o materias primas, y a otros de destino, a los cuales se dirigen sus salidas. Dado ese conjunto de puntos, el problema a resolver consiste en encontrar una localización central que minimice el coste total de transporte (CTT). Este se supone proporcional a la distancia recorrida y al volumen o peso de los materiales trasladados hacia o desde la instalación, por lo que puede expresarse como CTT $= \Sigma\, c_i\, v_i\, d_i$, donde c_i es el coste unitario de transporte correspondiente al punto i (éste puede diferir o no con el tipo de material y con i), v_i es el volumen o peso de los materiales movidos desde o hacia i, y d_i es la distancia entre el punto i y el lugar donde se encuentra la instalación. Para calcular CTT se deberán estimar las cantidades movidas entre cada punto y la instalación para un determinado horizonte temporal (un mes, un año, etc.). El producto $c_i v_i$ constituye el peso, w_i, o importancia que cada punto, i, tiene en el emplazamiento de la instalación, de forma que a mayor w_i más cercana se habrá de encontrar la instalación del punto correspondiente.

Para medir las distancias se puede trabajar sobre un mapa o plano a escala; así, al superponerle un sistema de ejes coordenados, cada punto geográfico vendrá identificado por un par de valores, el de su ordenada y el de su abscisa, lo cual permitirá calcular las distancias entre cada punto y la instalación. Aunque existen otras, las dos medidas más utilizadas son las siguientes:

- La *distancia rectangular*: cuando los desplazamientos se hacen a través de giros de 90°, es decir, siguiendo movimientos en dos direcciones, horizontales y verticales. Esta medida podría utilizarse para el caso de analizar una localización dentro de una ciudad. Llamando K al factor de escala y siendo (x, y) el lugar donde ésta se encuentra, su valor vendría dado por:

$$d_i = K(|x - x_i| + |y - y_i|) \qquad [1]$$

- La *distancia euclídea*: es la línea recta que une el punto i con el lugar ocupado por la instalación. La distancia sería:

$$d_i = K[(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2]^{1/2} \qquad [2]$$

En realidad, ambas son sólo aproximaciones a la distancia real pero, al resolver el problema, se incurre en errores similares para todas las localizaciones, con lo que la distorsión global de la solución suele ser pequeña[15].

Para llegar a la localización «óptima» puede partirse de una buena solución inicial calculando el *centro de gravedad* dentro del área marcada por las distintas localizaciones. Las coordenadas que definen ese punto central vendrían dadas por las expresiones:

$$x^* = \Sigma\, c_i v_i x_i / \Sigma\, c_i v_i \qquad y^* = \Sigma\, c_i v_i y_i / \Sigma\, c_i v_i \qquad [3]$$

Este punto no se corresponde necesariamente con el óptimo para ninguna de las medidas de distancia anteriores, pero es una aproximación bastante buena, por lo que podría aceptarse como solución al problema. En caso de desear mayor precisión, se podrían realizar cálculos incrementales de la siguiente forma: se desplaza la solución una pequeña distancia en todas las direcciones (norte, sur, este y oeste) y se comprueba si el coste decrece en alguna de ellas; si esto no ocurre, se estaría en el óptimo, pero, en caso contrario, habría que seguir moviéndose en aquella dirección en la que disminuye el coste, repitiéndose el proceso tantas veces como sea necesario.

Para el **caso de utilizar distancias rectangulares**, puede encontrarse directamente la solución óptima[16] a través del **modelo de la mediana simple**. El proceso sería el siguiente (véase Ejemplo 8.3):

- Se identifica el valor medio de las cantidades desplazadas ponderadas por sus costes, $c_i v_i / 2$.

[15] A veces es posible operar con grafos en los que los vértices representan los distintos centros a considerar y las ramas las vías de comunicación entre ellos, lo cual resulta más realista pero nos sitúa ante un tipo de problemas distinto y más complicado, la *localización sobre redes*.

[16] La solución óptima no siempre es única, esto es, un solo punto, sino que puede ser también un segmento, horizontal o vertical, o una zona rectangular.

- Se ordenan los puntos según su ordenada y según su abscisa, en forma creciente, acumulándose las cargas ponderadas que envían o reciben.
- La ordenada y la abscisa donde quede incluido el valor medio serán las que determinen el punto óptimo.

EJEMPLO 8.3. Localización a través del modelo de la mediana simple

Se busca una localización para una nueva planta de forma que se minimicen los costes de transporte, tanto de las materias primas como de los productos terminados. Las fuentes de abastecimiento de aquéllas, F_i, y los puntos de destino de estos últimos, M_j, aparecen en la Figura 8.5. En la Tabla 8.2 se muestran, junto con las cantidades medias transportadas por mes, v_i, los costes unitarios, c_i, y el producto de ambos. Si se supone que los recorridos se aproximan a distancias rectangulares, se trata de determinar cuál sería la localización óptima.

■ Solución para distancias rectangulares (15,30)

□ Solución para distancias euclídeas (40,30)

Figura 8.5. Representación de los diferentes puntos.

Tabla 8.2. Puntos de origen y destino de los intercambios de la instalación

Puntos	Coordenadas (x, y)	c_i	v_i	$c_i v_i$
F1	(40,30)	20	800	16.000
F2	(15,100)	15	1.500	22.500
M1	(80,20)	30	600	18.000
M2	(10,15)	25	900	22.500
M3	(50,60)	10	300	3.000
			$\Sigma\, c_i v_i =$	82.000

A partir de la suma de los productos, $c_i\, v_i$, se calcula el peso medio, $\Sigma\, c_i v_i/2 = 82.000/2 = 41.000$, y se disponen los puntos en orden creciente de sus abcisas (Tabla 8.3) y ordenadas (Tabla 8.4), identificándose, en cada tabla, aquél cuya cantidad acumulada es la primera en superar el valor medio anteriormente calculado. Dichos valores (resaltados en las tablas) configuran la solución buscada (15, 30, en nuestro caso).

Tabla 8.3 Cantidades acumuladas por abscisas crecientes

Puntos	x_i	$c_i\, v_i$	$c_i\, v_i$ acumuladas
M2	10	22.500	22.500
F2	15	22.500	45.000
F1	40	16.000	61.000
M3	50	3.000	64.000
M1	80	18.000	82.000

Tabla 8.4 Cantidades acumuladas por ordenadas crecientes

Puntos	y_i	$c_i\, v_i$	$c_i\, v_i$ acumuladas
M2	15	22.500	22.500
M1	20	18.000	40.500
F1	30	16.000	56.500
M3	60	3.000	59.500
F2	100	22.500	82.000

Si se utilizan distancias euclídeas, el óptimo se encontraría en las coordenadas:

$$x^* = \Sigma(c_i v_i x_i/d_i)/\Sigma\,(c_i v_i/d_i) \qquad y^* = \Sigma\,(c_i v_i y_i/d_i)/\Sigma\,(c_i v_i/d_i) \qquad [4]$$

Sin embargo, dichas expresiones[17] no pueden suministrar directamente la solución, por lo que hay que obtenerla por aproximaciones sucesivas (véase continuación del Ejemplo 8.3). Para empezar, se calcularía el centro de gravedad tal como se definió en [3]; dicha solución se tomará para calcular las distancias d_i a través de la expresión [2], sustituyéndolas a continuación en [4] para obtener nuevos valores de x e y. El proceso seguirá de forma iterativa hasta que las coordenadas no cambien de una iteración a otra o hasta que no interese afinar más.

EJEMPLO 8.3. (continuación). Localización a través del centro de gravedad con distancias euclídeas

Siguiendo con el ejemplo anterior, el centro de gravedad resultante de aplicar las expresiones [3] sería:

$$x^* = 2.792.500/82.000 = 34{,}054878$$
$$y^* = 3.607.500/82.000 = 43{,}993902$$

Así pues, suponiendo que la instalación está situada en ese punto (34, 44), será posible calcular las distancias euclídeas hasta cada punto a través de la expresión [2], con los datos de la Tabla 8.2, de esa forma se obtiene la Tabla 8.5, en la que ha sido calculado también el coste total de transporte, CTT, que resultaría de esa localización.

Con las distancias calculadas, d_i, y los datos de la Tabla 8.2, se procedería a determinar el nuevo centro de gravedad mediante la expresión [4], con el que comienzan de nuevo los cálculos de la Tabla 8.5. En nuestro caso se ha utilizado una aplicación informática (COG)[18] que realiza de forma iterativa los cálculos arriba descritos, habiéndose obtenido el punto óptimo (40, 30), justamente donde se encuentra el centro de abastecimiento F1. Ello se ha producido en la iteración 54, donde el coste total se estabiliza en 3.264.133 u.m.

Tabla 8.5. Distancias y costes para la localización (34, 44)

Puntos	d_i	$c_i\, v_i$	CTT_i
F1	15,24	16.000	243.680
F2	59,14	22.500	1.330.650
M1	51,88	18.000	933.840
M2	37,64	22.500	846.900
M3	22,63	3.000	67.890
	Coste total $= \Sigma\, CTT_i$		3.422.960

Como hemos podido observar el método expuesto es bastante simple, ya que no requiere datos difíciles de conseguir ni cálculos complejos. Esto hace que sea muy fácil de usar e idóneo, por tanto, para obtener, de forma rápida y económica, una primera aproximación para la elección de la localización. Puede utilizarse para definir la zona en la que, posteriormente, a partir de otros criterios, se buscarían emplazamientos alternativos, pues sólo se ha considerado uno de los

[17] Estas fórmulas se obtienen derivando parcialmente la expresión del coste de transporte total con respecto a x e y, e igualando a cero.

[18] Es un módulo de un paquete de software para problemas logísticos llamado Logware. Copyright © 1991 R. H. Ballou.

múltiples factores a analizar. Entre las críticas que se podrían realizar a este método, se encuentran las siguientes (Coyle y otros, 1992, pág. 434):

- Es un método continuo que no considera las condiciones geográficas, de modo que el punto indicado como óptimo podría corresponder a una zona donde la localización es inviable (por ejemplo: por no existir sitios disponibles o simplemente por tratarse de una zona desértica, montañosa, etc.).
- Se suponen costes unitarios de transporte fijos, cuando en la realidad éstos suelen componerse de una parte fija y otra variable. También es usual que existan otras distorsiones de la linealidad (por ejemplo: tasas mínimas, zonas con tasas únicas, zonas de tránsito privilegiado, etc.).
- Es una técnica de naturaleza estática, por lo que la solución puede ser apropiada sólo para un período concreto, esto es, siempre que se mantengan las condiciones de la situación analizada; si estas condiciones varían, la localización adecuada puede ser bien distinta. Podrían cambiar, por ejemplo, los volúmenes trasladados, la localización de las fuentes de abastecimiento, los mercados, las tarifas de los transportes, etc. Este inconveniente puede ser salvado mediante un adecuado análisis de sensibilidad que, al menos, permitiría medir el impacto que tendrían futuros cambios sobre el coste de una localización y, por tanto, sobre la conveniencia de la misma.

8.9.3. Método del transporte[19]

Esta técnica es una aplicación de la programación lineal a un tipo de problemas con unas características particulares. Se considera que existe una red de fábricas, almacenes o cualquier otro tipo de puntos, orígenes o destinos de unos flujos de bienes. La localización de nuevos puntos en la red afectará a toda ella, provocando reasignaciones y reajustes dentro del sistema. El método del transporte permite encontrar la mejor distribución de los flujos mencionados basándose, normalmente, en la optimización de los costes de transporte (o, alternativamente, del tiempo, la distancia, el beneficio, etc.). En los problemas de localización, este método puede utilizarse para analizar la mejor ubicación de un nuevo centro, de varios a la vez y, en general, para cualquier reconfiguración de la red. En cualquier caso, debe ser aplicado a cada una de las alternativas a considerar para determinar la asignación de flujos óptima.

El Ejemplo 8.4 ilustra la utilización del método del transporte en el problema de la localización de un centro adicional, aunque su resolución no será descrita aquí con detalle (véase nota 19).

EJEMPLO 8.4. Localización a través del método de transporte

Una empresa del sector textil, que opera en toda la Península Ibérica, dispone de la siguiente configuración:

- Dos plantas de fabricación en Setúbal y Valencia, con capacidades de 900 y 1500 un. respectivamente.
- Cuatro almacenes regionales de distribución, que sirven a los clientes de sus respectivas zonas en Barcelona, Madrid, Lisboa y Sevilla con demandas de 700, 800, 500 y 400 un.

En los próximos años, la empresa espera un crecimiento de la demanda del orden del 25 por 100, lo cual ha llevado a la Dirección de la misma a plantearse la apertura de una nueva fábrica. A la vista de los criterios que la empresa estima importantes para la localización de la nueva planta, existen dos alternativas a considerar: La Coruña (alternativa 1) y Málaga (alternativa 2). La elección recaerá en aquélla que provoque los menores costes de transporte entre las fábricas y los almacenes, dado que ambas parecen ser igualmente convenientes respecto a otros factores. La Tabla 8.6 recoge los costes de transporte unitarios entre cada origen y destino.

Tabla 8.6. Costes unitarios de transporte

Costes unitarios	Barcelona	Madrid	Lisboa	Sevilla
Setúbal	6	4	2	6
Valencia	2	3	7	5
La Coruña	6	4	4	8
Málaga	6	3	4	2

La apertura de la nueva planta en La Coruña o en Málaga va a provocar una reasignación distinta de los intercambios entre las fábricas y los almacenes. Para conocer cómo afectaría una y otra alternativa habría que resolver el problema de transporte en cada caso (*Ibídem*, Anexo a la Parte I); las correspondientes soluciones aparecen en las Tablas 8.7 y 8.8, que dan lugar, respectivamente, a los costes:

$CT_C = 625 \times 2 + 275 \times 6 + 875 \times 2 + 400 \times 3 + 225 \times 5 + 600 \times 4 = 9375$ u.m.;

$CT_M = 275 \times 4 + 625 \times 2 + 875 \times 2 + 625 \times 3 + 100 \times 3 + 500 \times 2 = 7275$ u.m.

De los resultados obtenidos se deriva que Málaga es la mejor localización para el criterio empleado.

Tabla 8.7. Solución final para la alternativa 1

	Barcelona	Madrid	Lisboa	Sevilla	Capacidad
Setúbal	[6]	[4]	[2] 625	[6] 275	900
Valencia	[2] 875	[3] 400	[7]	[5] 225	1500
Córdoba	[6]	[4] 600	[4]	[8]	600
Demanda	875	1000	625	500	

Tabla 8.8. Solución final para la alternativa 2

	Barcelona	Madrid	Lisboa	Sevilla	Capacidad
Setúbal	[6]	[4] 275	[2] 625	[6]	900
Valencia	[2] 875	[3] 625	[7]	[5]	1500
Málaga	[6]	[3] 100	[4]	[2] 500	600
Demanda	875	1000	625	500	

8.9.4. Método de los factores ponderados[20]

Es el método más general de los hasta aquí comentados, ya que permite incorporar en el análisis toda clase de consideraciones, sean éstas de carácter cuantitativo o cualitativo. Brevemente descrito consistiría en lo siguiente (véase Ejemplo 8.5):

- Se identifican los factores más relevantes a tener en cuenta en la decisión.

[19] Véase, por ejemplo, J. A. D. Machuca y otros (1994, Anexo a la Parte I) y J. A. D. Machuca (1990, Capítulo 16).

[20] Anexo a Parte II (Apartado II.4).

- Se establece una ponderación entre ellos en función de su importancia relativa.
- Se puntúa cada alternativa para cada uno de esos criterios a partir de una escala previamente determinada.
- Por último, se obtiene una calificación global, P_i, de cada alternativa, teniendo en cuenta la puntuación de la misma en cada factor, P_{ij}, y el peso relativo del mismo, w_j. De acuerdo con ello, $P_i = \sum_j w_j P_{ij}$.

EJEMPLO 8.5. La elección de la localización a través del método de los factores ponderados

El equipo de estudio creado para la localización de una nueva planta de fabricación ha identificado un conjunto de criterios importantes para el éxito de la decisión; al mismo tiempo, ha distinguido el grado de importancia de cada uno en términos porcentuales. Con estos criterios se procedió a evaluar cada una de las alternativas en una escala de 0 a 10. Todo esto se recoge en la Tabla 8.9.

Tabla 8.9. Puntuaciones de las distintas alternativas

Factores	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Proximidad a proveedores	30	7	7	10
Costes laborales	30	5	9	7
Transportes	20	9	6	6
Impuestos	15	6	6	7
Costes instalación	5	7	8	2
Puntuación total		6,65	7,3	7,45

La puntuación total para cada alternativa se calcula como la suma de las puntuaciones para cada factor ponderadas según su importancia relativa. Así, por ejemplo, la puntuación total recibida por la alternativa A se obtendría como:

$$P_A = 7 \times 0{,}30 + 5 \times 0{,}30 + 9 \times 0{,}20 + 6 \times 0{,}15 + 7 \times 0{,}05 = 6{,}65$$

Las alternativas B y C parecen ser mejores que A, por lo que se podría rechazar esta última. Entre las dos restantes, hay una pequeña diferencia a favor de C, aunque quizás no definitiva. Vemos que C tiene la ventaja principal de estar muy próxima a la fuente de abastecimiento de materia prima, lo cual es un factor importante, mientras que su punto débil es el coste de instalación, que es bastante elevado. Por su parte, las ventajas de B residen en los costes laborales y los costes de instalación, que son mejores que los de C. En los demás criterios, transportes e impuestos, ambas están muy igualadas. A la vista de esto podría ofrecerse a la Dirección las alternativas B y C como factibles para que ésta decida en función de otros elementos. No obstante, hay que señalar que la alternativa B no presenta ningún punto débil tan marcado como C, lo que podría decantar la decisión en su favor.

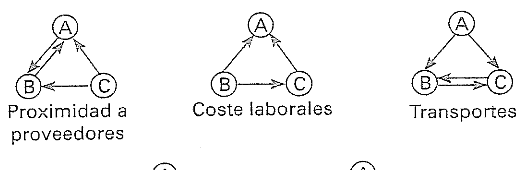
Del ejemplo puede deducirse claramente que la técnica expuesta es una mera formalización del proceso de razonamiento intuitivo del decisor. Su principal ventaja radica en explicitar dicho proceso para que pueda ser conocido por todos, facilitando el debate y la coherencia en el juicio. Sin embargo, no está exenta de inconvenientes; uno de ellos reside en el hecho de que puntuaciones muy deficientes en algunos factores pueden ser compensadas por otras muy altas en otros. Esto se puede evitar mediante el uso del **método de preferencia jerárquica** (véase Anexo, Apartado II.4). Otra forma de evitarlo es utilizando la media geométrica, o producto de las puntuaciones en cada factor (en vez del sumatorio) con ponderaciones exponenciales (en vez de lineales), quedando la puntuación global de cada alternativa expresada como, $P_i = \prod P_{ij}^{w_j}$. Haciendo esto se penaliza aquella alternativa que tiene alguna(s) puntuación(es) muy baja(s). En el ejemplo anterior, el uso de la media geométrica daría valores de 6,5, 7,2 y 7,1 para A, B y C, respectivamente. La alternativa C resulta penalizada por su baja puntuación en el criterio costes de instalación, aunque no excesivamente, dado que el peso del mismo no es muy alto.

8.9.5. La técnica Electra I

Es un método multicriterio menos simple, pero más correcto que el anterior. Se basa, fundamentalmente, en el cálculo de dos tipos de medidas (índices de concordancia y discordancia) que permiten establecer, de forma más clara, el grado en que una alternativa resulta mejor que otra. Posteriormente, fijando valores límites a esos índices es posible clasificar el conjunto de alternativas en dos tipos, las que son buenas (el núcleo) y las que pueden ser rechazadas. Aunque no nos detendremos a explicar con detalle su resolución (véase Anexo, Apartado II.4, ilustraremos en el Ejemplo 8.6 la utilización de la técnica Electra I en la elección de la localización.

EJEMPLO 8.6. Aplicación de Electra I a la decisión de localización

Vamos a resolver el ejemplo anterior empleando la técnica Electra I. Se comienza dibujando los grafos de sobreclasificación para cada criterio (Figura 8.6), observándose cómo no existe una alternativa que supere a las demás en todos los criterios.



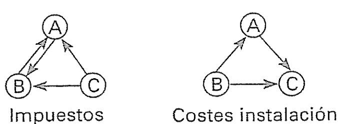


Figura 8.6. Grafos de sobreclasificación por criterios.

Seguidamente, se calcularían los *índices de concordancia*, c_{ij} (como suma de los pesos de los criterios para los que la alternativa *i* es mejor (domina) a la *j*, dividido por la suma total de las ponderaciones) y los de *discordancia*, d_{ij} (como cociente entre la máxima diferencia de puntuación en aquellos criterios en los que *j* domina a *i* y la amplitud de la escala). Los resultados aparecen, respectivamente, en las Tablas 8.10 y 8.11.

Por último, se establecerían los límites de concordancia (*LC*) y discordancia (*LD*) lo más cercanos posible a sus valores ideales ($LC_{ideal} = 1$ y $LD_{ideal} = 0$), de forma que puedan identificarse sobreclasificaciones conjuntas. Así, para valores límites de $LC = 0{,}8$ y $LD = 0{,}3$, se obtendría la solución de la Figura 8.7*a*. Para encontrar otra sobreclasificación que permita reducir el núcleo (Figura 8.7*b*), se tendrían que fijar los límites en $LC = 0{,}65$ y $LD = 0{,}6$. Si estos últimos se juzgan como demasiado alejados de sus valores ideales, la sobreclasificación de la alternativa C sobre la B no sería significativa, por lo que no se podría discriminar entre ambas alternativas y cualquiera de ellas podría ser elegida. Como siempre, la elección final queda en manos del decisor.

Tabla 8.10. Indices de concordancia (c_{ij})

c_{ij}	A	B	C
A	■	0,65	0,25
B	0,8	■	0,55
C	0,75	0,65	■

Tabla 8.11. Indices de discordancia (d_{ij})

d_{ij}	A	B	C
A	■	0,4	0,3
B	0,3	■	0,3
C	0,5	0,6	■

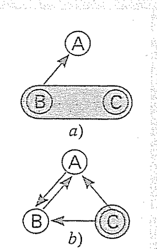


Figura 8.7. Grafos de sobreclasificación conjunta.

8.10. LAS DECISIONES DE LOCALIZACION CON INSTALACIONES MULTIPLES

Aunque a veces las empresas poseen una sola instalación, en otras muchas ocasiones pueden disponer de varias. En este último caso puede ocurrir que aquéllas sean independientes unas de otras, de manera que la localización de cada una de ellas no afecte a las demás (por ejemplo: podría decidirse la ubicación de un restaurante en una ciudad sin que ello se vea afectado por la de otros restaurantes de la misma empresa en otras ciudades). No obstante, el caso más general es que las instalaciones de una empresa formen una red logística[21] en la que cada instalación cumpla una determinada función. La localización de las instalaciones resulta entonces interdependiente y las decisiones que se tomen formarán un conjunto fuertemente interrelacionado y de mayor complejidad. En él habrá que dar respuesta a cuestiones tales como: cuántas instalaciones (plantas, almacenes, etc.) son convenientes, qué tamaño ha de tener cada una de ellas, qué operaciones, productos o actividades les deben corresponder, qué relaciones e intercambios han de existir entre las mismas y, por supuesto, *dónde deben estar ubicadas*. Ante la dificultad que conlleva analizar todas ellas de forma simultánea, suele recurrirse a la parcialización del problema en cuestiones que reciben un tratamiento individualizado.

Los problemas de localización que podemos encontrar en estos casos son diversos: instalar una planta o almacén con respecto a las demás ya existentes, localizar de forma simultánea varias instalaciones con respecto a las otras o revisar por completo el sistema logístico. El análisis de estas decisiones se puede complicar aún más si tenemos en cuenta otros factores, tales como que:

- El número de plantas, almacenes, puntos de venta u otras instalaciones puede ser muy elevado, lo que introduce muchas variables y restricciones a considerar. Si a esto añadimos que dicho número podría no estar predeterminado, las combinaciones posibles se elevan enormemente.
- Las alternativas de localización pueden ser ilimitadas, lo que aumenta todavía más el número de combinaciones.

[21] Sobre el tema de la función logística, que no abordaremos explícitamente en este capítulo, puede verse Ballou (1992) o Coyle, Bardi y Langley (1992).

- La cadena logística de la empresa puede tener múltiples niveles (por ejemplo: plantas de fabricación de componentes, plantas de montaje, almacenes regionales, distribuidores locales y puntos de venta).
- Normalmente hay muchos productos distintos involucrados en el análisis.
- Las políticas de nivel de servicio, de inventario y otras que afectan o se ven afectadas por la localización pueden ser variables a determinar, con lo cual habrá que considerar las diversas situaciones que se generan con cada alternativa.
- Los consumos y las demandas son generalmente de naturaleza aleatoria.
- Es muy posible que existan diversos modos de transporte disponibles.

Para resolver este tipo de problemas reales se han desarrollado en la práctica muchos modelos diferentes, tanto optimizadores (fundamentalmente de programación matemática), como heurísticos y de simulación. Muchos de ellos han sido creados para atender las necesidades particulares de una empresa y, generalmente, son utilizados con medios informáticos ya que implican gran cantidad de variables y cálculos. Así, por ejemplo, un modelo de optimización creado para analizar el sistema de distribución de la Hunt-Wesson Foods, comprendía 17 grupos de productos, 121 zonas de demanda y 45 localizaciones potenciales para los centros de distribución (Evans y otros, 1990, pág. 272). Otro modelo clásico, esta vez de simulación, es el desarrollado para la H. J. Heinz, y después utilizado en Nestlé, el cual podía operar con hasta 4000 clientes, 40 almacenes y de 10 a 15 fábricas (Ballou, 1992, pág. 343). En ambos casos se obtuvieron significativos ahorros gracias a la aplicación de los modelos. Por nuestra parte, ya hemos analizado el método del transporte como una herramienta que puede ser útil para afrontar problemas de este tipo.

8.11. LA LOCALIZACION EN EMPRESAS DE SERVICIOS

Aunque la inmensa mayoría de lo que hemos visto hasta ahora es de aplicación a las empresas de servicio, analizaremos aquí más detenidamente algunas de las peculiaridades que presentan los problemas de localización en este tipo de firmas.

Dadas las características propias de los servicios (por ejemplo: el contacto con el cliente o su naturaleza intangible; véase Capítulo 4), el usuario acude por regla general a aquellas localizaciones más cercanas a él. Debido a ello, las instalaciones de servicios suelen cubrir un área geográfica restringida, una ciudad o una zona dentro de ella. Esto, unido a la gran variedad de servicios existentes, explica que las instalaciones de este tipo sean mucho más numerosas que las plantas productivas o los almacenes y, al mismo tiempo, que suelan ser más pequeñas y, por tanto, menos costosas que aquéllas. Estas características provocan que sea muy frecuente la toma de decisiones de localización en este contexto (continuamente vemos como se abren, cierran o se reubican sucursales, oficinas, tiendas, etcétera).

De todo lo dicho se deduce que, en estos casos, los factores dominantes en las decisiones de localización en servicios están más relacionados con el mercado y la demanda que con los aprovisionamientos o los costes. Además, suele ser una decisión simultánea con la selección del mercado en el que se desea competir. La proximidad a los clientes determina las condiciones en que éstos podrán contactar y operar con la empresa, lo cual resulta crítico para determinar cuántos serán atraídos por la instalación; suelen distinguirse dos casos diferentes:

- Cuando el cliente viaja hasta la instalación de la empresa para recibir el servicio (por ejemplo: una tienda, un restaurante o un hotel). Aquí, los clientes asumen el coste y los inconvenientes del desplazamiento, determinando la situación de la instalación su poder de atracción sobre los mismos.
- Cuando algunos medios, o todos (servicios móviles o ambulantes), se desplazan desde la instalación hasta donde está el cliente (por ejemplo: los servicios de reparaciones o la venta a domicilio). En estos casos, la localización de la base de operaciones determina la zona que puede ser cubierta de forma efectiva o competitiva. Los costes de transporte son asumidos por la empresa, quien los incorpora al precio del servicio. Además, la localización determina el tiempo de respuesta a la demanda, lo cual puede ser importante a la hora de competir con otras empresas.

En otras ocasiones, sin embargo, el servicio no está obligado a situarse próximo a los usuarios; por ejemplo, cuando éste es único o goza de tal prestigio que los clientes están dispuestos a trasladarse a él desde puntos muy distantes (por ejemplo: determinadas clínicas especializadas, ferias o muestras, zonas turísticas, etc.). También sucede esto cuando el servicio puede llegar al cliente por otras vías, tales como el teléfono, los terminales de ordenador, las ventas por catálogos, etc.

Otro factor que resulta crítico en la localización de los servicios es la competencia. En algunos casos, cuando una zona está saturada, puede ser preferible evitarla y buscar otras más despejadas. Sin embargo, en otros puede resultar apropiado situarse cerca de la competencia ya que, de ese modo, se consigue un efecto sinérgico entre el poder para atraer clientes de las distintas empresas. También puede ser importante en estas decisiones la localización de establecimientos afines o complementarios (con los cuales se puede establecer una relación «simbiótica» o «parasitaria»), el tráfico de la zona, la visibilidad del sitio, la disponibilidad de aparcamientos y de buenos transportes públicos, la actitud de la comunidad, etc. Por último, habría que tener en cuenta el carácter público o privado de los servicios ya que los objetivos en cada caso varían significativamente. Discutiremos, a continuación, un caso particular de servicios privados y, posteriormente, profundizaremos un poco en la problemática de los servicios públicos.

8.11.1. La localización de tiendas minoristas

Este tipo de instalaciones se localizan principalmente basándose en el potencial de mercado que ofrece un determinado lugar. Por ello, la decisión requiere la estimación de la demanda que cada alternativa va a generar, para lo cual es común el uso del *análisis de regresión estadístico*. Algunas de las variables típicas, consideradas como correlacionadas con el ingreso son: la población, la distribución de edades, el nivel de renta, el nivel cultural, la cantidad de establecimientos competidores en la zona, etc. Otros factores más intangibles, que también resultan importantes, son la visibilidad y la estética del sitio y de la propia instalación, la accesibilidad al mismo, el carácter residencial o comercial de la zona, etc.

Otro de los métodos más conocidos para estimar la demanda de una localización para la instalación de un comercio son los *modelos de interacción espacial o de gravitación*, el primero de los cuales se debe a Reilly quien, en 1931, formuló la ley de gravitación del comercio. Basados en esta idea han sido desarrollados otros muchos modelos, utilizando evidencias empíricas que relacionan algunas variables con el poder de atracción de clientes de una ubicación. Uno de los más

populares es el modelo de Huff (1964), quien observó que la probabilidad de que un consumidor se dirija a un comercio era directamente proporcional al tamaño de la instalación e inversamente proporcional al tiempo que tardaba en llegar a él. Este modelo fue formulado como sigue:

$$P_{ij} = (S_j/T_{ij}^{\lambda}) / \sum (S_j/T_{ij}^{\lambda})$$

donde, P_{ij} es la probabilidad de que un cliente de la zona i se desplace al centro comercial j, S_j es el tamaño de la instalación comercial j, T_{ij} es el tiempo de desplazamiento desde la zona i hasta el punto j y λ es un parámetro estimado empíricamente (en sus observaciones resultó en torno a 2 ó 3). A partir de esta probabilidad, el número de clientes, N_{ij}, esperados en un comercio situado en j, procedentes de una zona i, viene dado por $N_{ij} = P_{ij}C_i$, donde C_i es el número total de consumidores de la zona i.

Con esta misma filosofía han aparecido posteriormente distintos modelos en los que se han empleado otras variables en sustitución de S_{ij} (por ejemplo: nivel de precios, variedad de productos o disponibilidad de aparcamientos) y en lugar de T_{ij} (por ejemplo: la distancia o el nivel de congestión del tráfico)[22].

8.11.2. Localización de servicios públicos

Un caso particular de localización de servicios, que ha sido objeto de interés y estudio, es el de aquéllos que no persiguen fin de lucro, sino que responden a un interés social o público, tales como hospitales, escuelas, oficinas de la administración, estaciones de bomberos o comisarías de policía. En la localización de este tipo de instalaciones, la cuestión reside en responder al máximo a la necesidad social provocando el menor coste posible. Sin embargo, en la realidad resulta generalmente muy difícil establecer una correcta medida del beneficio y del coste social, recurriéndose normalmente a medidas indirectas o parciales.

Se distinguen, en general, dos tipos de servicios públicos:

- *Servicios ordinarios*[23] (por ejemplo: parques, escuelas, oficinas de correos, etc.). En estos casos, pueden utilizarse criterios como el nivel de utilización de la instalación o servicio (número de usuarios, número de visitas, cantidad de servicio), las distancias recorridas (media, máxima, por visita, por ciudadano, etc.), el tiempo de viaje entre los ciudadanos y la instalación, los tiempos de espera, etc.
- *Servicios de emergencia*[24] (por ejemplo: estaciones de bomberos, ambulancias o policía, etc.). Para estos servicios el criterio generalmente usado es el tiempo de respuesta al servicio demandado, ya que la eficacia del mismo depende de la rapidez con que es prestado. Un criterio bastante útil en la localización de servicios de emergencia es el de minimizar la distancia o el tiempo máximo de desplazamiento desde el lugar donde se encuentre la instalación hasta los usuarios. Con ello se pretende basar la localización en la consideración del peor de los casos, en vez de hacerlo para el caso medio.

---

[22] Una revisión de ellos puede verse en Ghosh y McLafferty (1987).

[23] Pueden verse ejemplos de localización de este tipo de servicios en Nascimento y Beasley (1993) o en Price y Turcotte (1986).

[24] Véase, por ejemplo, Ball y Lin (1993) o ReVelle (1991).

8.12. CONSIDERACIONES FINALES

En este capítulo hemos examinado una de las decisiones de Diseño del Subsistema de Operaciones relacionada con las instalaciones de la empresa: la localización de las mismas. Esta es una decisión que, generalmente, reviste gran importancia debido a que puede condicionar en buena medida el marco en el que se habrán de desarrollar las operaciones durante años, influyendo de este modo en la eficacia y eficiencia de las mismas. Por ello, para elegirla es conveniente crear un equipo multifuncional y realizar un estudio previo que permita identificar, analizar y valorar distintas alternativas de forma sistematizada. Uno de los cometidos fundamentales del estudio es reconocer los factores que pueden influir en el éxito o fracaso de la decisión, los cuales vendrán determinados por las prioridades competitivas y la Estrategia de Operaciones. Una vez valoradas las distintas alternativas con respecto a estos factores, será el momento de compararlas y tomar la decisión. Para ello pueden ser utilizados una gran variedad de métodos matemáticos, tanto exactos como heurísticos o de simulación. Sin embargo, a pesar de disponer de instrumentos matemáticos, no debe pretenderse buscar una solución óptima (probablemente no exista una única solución de este tipo), sino en encontrar una satisfactoria. Además, la mejor localización en la actualidad puede dejar de serlo en el futuro ya que los factores en los que se basa la decisión están sujetos a cambios. Dado que la empresa debe ir adaptándose a su entorno y que éste es cada vez más cambiante, no es de extrañar que las decisiones de localización estén resultando más frecuentes en nuestros días. En este sentido, la creciente internacionalización de las empresas es una de las principales tendencias que están afectando a este tipo de decisiones.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ADAM, E. E., y EBERT, R. J.: «Production and Operations Management», Prentice Hall, 1992.

AQUILANO, N. J., y CHASE, R. B.: «Fundamentals of Operations Management», Irwin, 1991.

ARDALAN, A.: «An Efficient Heuristic for Service Facility Location», Proceedings North-east AIDS, 1984.

BALL, M. O., y LIN, F. L.: «A reliability model applied to emergency service vehicle location», *Operations Research*, vol. 41, n.° 1, 1993.

BALLOU, R. H., y MASTERS, J. M.: «Commercial software for locating warehouses and other facilities», *Journal of Business Logistics*, vol. 14, n.° 2, 1993.

BALLOU, R. H.: «Business Logistics Management», Prentice Hall, 1992.

BASS, B. M.; MACGREGOR, D. W., y WALTERS, J. L.: «Selecting Foreign Plant Sites: Economic, Social and Political Considerations», *Academy of Management Journal*, 1977.

BEASLY, J. E.: «Langragean heuristics for location problems», *European Journal of Operational Research*, vol. 65, n.° 3, 1993.

BRANDEAU, M. L., y CHIU, S. S.: «An overview of representative problems in location research», *Management Science*, vol. 35, n.° 6, junio, 1989.

COYLE, J. J.; BARDI, E. J., y LANGLEY, C. J.: «The Management of Business Logistics», West, 1992.

DILWORTH, J. B.: «Production and Operations Management», McGraw-Hill, 1992.

EVANS, J. R.; ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J., y WILLIAMS, T. A.: «Applied Production and Operations Management», West, 1990.

FRANCIS, R. L.; MCGINNIS, L. F., y WHITE, J. A.: «Facility Layout and Location», Prentice Hall, 1992.

GHOSH, A., y MCLAFFERTY, S.: «Location Strategies for Retail and Service Firms», Health, 1987.

GOLD, S.: «A New Approach to Site Selection», *Distribution*, vol. 90, n.° 13, 1991.

HEIZER, J., y RENDER, B.: «Production and Operations Management», Allyn and Bacon, 1991.

HUFF, D. L.: «Defining and Estimating a Trading Area», *Journal of Marketing*, vol. 28, 1964.

INFANTE MACÍAS, R.: «Teoría de la localización: evolución y estado actual», Discurso de apertura del curso 1988-89 en la Universidad de Sevilla.

KIMES, S. E., y FITZSIMMONS, J. A.: «Selecting Profitable Hotel Sites at La Quinta Motors Inns», *Interfaces*, 20, marzo-abril, 1990.

KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations Management», Addison Wesley, 1990.

LEE, S. M., y LUEBBE, R. L.: «The Multi-criteria Warehouse Location Problem Revisited», *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 17, n.° 3, 1987.

LOVE, R. F.: «One-Dimensional Facility Location-Allocation Using Dynamic Programming», *Management Science*, n.° 22, 1976.

MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; RUIZ, A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1994.

MACHUCA, J. A. D.; DURBÁN, S., y MARTÍN, E.: «El subsistema Productivo de la Empresa», Pirámide, 1990.

MCCLAIN, J.; THOMAS, I. L., y MAZZOLA, J. B.: «Operations Management», Prentice Hall, 1992.

MEREDITH, J. R.: «The Management of Operations», John Wiley and Sons, 1992.

MURDICK, R. G.; RENDER, B., y RUSSELL, R. S.: «Service Operations Management», Allyn and Bacon, 1990.

MULLIN, R.: «Regional chemical operations cite favourable climate», *Chemical Week*, vol. 153, n.° 4, 1993.

NASCIMENTO, E. M., y BEASLEY, J. E.: «Locating benefit posts in Brazil», *Journal of the Operational Research Society*, vol. 44, n.° 11, 1993.

PRICE, W. L., y TURCOTTE, M.: «Locating a Blood Bank», *Interfaces*, 16, 1986.

REVELLE, C.: «Facility sitng and integer-friendly programming», *European Journal of Operational Research*, vol. 65, n.° 2, 1993.

REVELLE, C.: «Sting Ambulances and Fire Companies: New Tools for Planners», *Journal of the American Planning Association*, vol. 57, n.° 4, 1991.

REX, T. R.: «Quality of life is important factor in site selection», *Arizona Business*, vol. 40, n.° 8, 1993.

ROSENFIELD, D. B., y COPACINO, W. C.: «Logistics Planning and Evaluation Using "What-If" Simulation», *Journal of Business Logistics*, 6, n.° 2, 1985.

SCHMENNER, R. W.: «Making Business Location Decisions», Prentice Hall, 1982.

SCHROEDER, R. G.: «Operations Management», McGraw-Hill, 1993.

STEVENSON, W. J.: «Production/Operations Management», Irwin, 1990.

THOMAS, J.: «The right place at the rigth time», *Distribution*, vol. 92, n.° 12, 1993.

TIERNEY, R.: «Sites», *World Trade*, vol. 6, n.° 11, 1993.

VALLHONRAT, J. M., y COROMINAS, A.: «Localización, distribución en planta y manutención», Marcombo, 1991.

CAPITULO 9

LA DISTRIBUCION EN PLANTA[1]

9.1. INTRODUCCION: CONCEPTO, AMBITO Y NIVELES DE APLICACION DE LA DISTRIBUCION EN PLANTA

Hasta aquí, siguiendo el proceso de diseño del subsistema productivo, hemos adoptado diversas decisiones sobre qué, cómo, con qué y dónde producir, así como sobre la capacidad de las instalaciones, definiendo toda una serie de factores interrelacionados. Es ahora, al abordar la distribución en planta, cuando se busca su implantación física, de forma que se consiga el mejor funcionamiento de las instalaciones. Esto puede aplicarse a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, ya esté prefijado o no, extendiéndose su utilidad tanto a procesos industriales como de servicios (por ejemplo: fábricas, talleres, grandes almacenes, hospitales, restaurantes, oficinas, etc.). Teniendo esto en cuenta, podemos definir la **distribución en planta (D.P.)** como el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible.

Así pues, para llevar a cabo una adecuada D.P. ha de tenerse presente cuáles son los objetivos estratégicos y tácticos que aquélla habrá de apoyar, así como los posibles conflictos que puedan surgir entre ellos (por ejemplo: necesidad de espacio/economía en centros comerciales, accesibilidad/privacidad en áreas de oficinas).

El proceso parte de forma global, manejando unidades agregadas o departamentos, y haciendo, posteriormente, la distribución interna de cada uno de ellos. A medida que se incrementa el grado de detalle se facilita la detección de inconvenientes que no fueron percibidos con anterioridad, de forma que la concepción primitiva puede variarse a través de un mecanismo de realimentación. Por lo general, la mayoría de las distribuciones quedan diseñadas eficientemente para las condiciones de partida; sin embargo, a medida que la organización crece o/y ha de adaptarse a los cambios internos y externos, la distribución inicial se vuelve menos adecuada, hasta llegar el momento en el que la redistribución se hace necesaria. Los motivos que justifican esta última se deben, con frecuencia, a tres tipos básicos de cambios:

- En el volumen de producción, que puede requerir un mayor aprovechamiento del espacio (por aumentar el número de equipos, por tener que dedicar

[1] Coautora: Macarena Sacristán Díaz (Universidad de Sevilla).

menor superficie a los ya existentes o por un cambio en las necesidades de almacenamiento).
- En la tecnología y en los procesos, que pueden motivar un cambio en los recorridos de materiales y hombres, así como en la disposición relativa de equipos e instalaciones.
- En el producto, que puede hacer necesarias modificaciones similares a las requeridas por un cambio en la tecnología.

La frecuencia de la redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso en este sentido. En ocasiones, ésto se hace periódicamente, aunque se limite a la realización de ajustes menores en la distribución instalada (por ejemplo, los cambios de modelo en la fabricación de automóviles); otras veces, las redistribuciones son continuas, pues están previstas como situación normal y se llevan a cabo casi ininterrumpidamente; pero también se da el caso en el que las redistribuciones no tienen una periodicidad concreta, surgiendo, bien por alguna de las razones expuestas anteriormente, bien porque la existente se considera una mala distribución.

Algunos de los síntomas que ponen de manifiesto la necesidad de recurrir a la redistribución de una planta productiva son (Meredith, 1992, págs. 277-278):

- Congestión y deficiente utilización del espacio.
- Acumulación excesiva de materiales en proceso.
- Excesivas distancias a recorrer en el flujo de trabajo.
- Simultaneidad de cuellos de botella y ociosidad en centros de trabajo.
- Trabajadores cualificados realizando demasiadas operaciones poco complejas.
- Ansiedad y malestar de la mano de obra.
- Accidentes laborales.
- Dificultad de control de las operaciones y del personal.

Al abordar el problema de la ordenación de los diversos equipos, materiales y personal, se aprecia cómo la distribución en planta, lejos de ser una ciencia, es más bien un arte en el que la pericia y experiencia juegan un papel fundamental. Como se verá en siguientes apartados, cuando existe, el sustento matemático y analítico de las técnicas de distribución no es en absoluto complejo y la solución final requiere normalmente ajustes imprescindibles, basados en el sentido común y en el juicio del distribuidor. No es extraño, pues, que, a pesar del apoyo encontrado en el desarrollo del software disponible, se sigan utilizando, en la mayoría de las ocasiones, las técnicas tradicionales y propias de la distribución. Así, sigue siendo un procedimiento ampliamente utilizado la realización de maquetas de la planta y los equipos bi o tridimensionales, de forma que éstos puedan ir colocándose de distintas formas en aquélla hasta obtener una distribución aceptable.

9.2. OBJETIVOS DE LA DISTRIBUCION EN PLANTA

Como ya hemos comentado anteriormente, la contribución del Subsistema de Operaciones a la consecución de los objetivos de la empresa en su conjunto se

lleva a cabo a través de la obtención de sus propios objetivos a nivel estratégico, táctico y operativo. De acuerdo con ello, se procurará encontrar aquella ordenación de los equipos y de las áreas de trabajo que sea más económica y eficiente, al mismo tiempo que segura y satisfactoria para el personal que ha de realizar el trabajo. De forma más detallada, podríamos decir que este objetivo general se alcanza a través de la consecución de hechos como (Muther, 1981, pág. 15 y ss.):

- Disminución de la congestión.
- Supresión de áreas ocupadas innecesariamente.
- Reducción de las manutenciones y del material en proceso.
- Disminución del riesgo para el material o su calidad.
- Mayor y mejor utilización de la mano de obra, la maquinaria y los servicios.
- Disminución de los retrasos y del tiempo de fabricación e incremento de la producción.
- Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- Elevación de la moral y la satisfacción del personal.
- Reducción del trabajo administrativo e indirecto.
- Mejora de la supervisión y el control.
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.

Es evidente que, aunque los factores enumerados puedan ser ventajas concretas a conseguir, no todas podrán ser alcanzadas al mismo tiempo y, en la mayoría de los casos (véase Apartado 9.3), la mejor solución será un equilibrio en la consecución de los mismos. En cualquier caso, los objetivos básicos que ha de conseguir una buena distribución en planta se comentan en el Cuadro 9.1[2].

Cuadro 9.1. Objetivos de la Distribución en Planta

A. Unidad

Hay que alcanzar la integración de todos los elementos o factores implicados en la unidad productiva, para que se funcione como una comunidad de objetivos. Por tanto, todos los departamentos han de ser considerados y consultados al acometer la fase general de la distribución; ello facilitará la consecución de una solución final que combine un máximo de ventajas y un mínimo de inconvenientes para los mismos.

B. Circulación mínima

Ha de procurarse que los recorridos efectuados por los materiales y hombres, de operación a operación y entre departamentos, sean óptimos, lo cual requiere economía de movimientos, de equipos, de espacio, etc. La localización relativa de los centros de trabajo debería permitir que los recorridos de grandes cantidades de materiales y personal fuesen lo más cortos posible. Por ello, es importante el reconocimiento de frecuentes interconexiones entre distintos centros y puestos de trabajo, pues esto permitirá colocar dichos centros cercanos entre sí. En una planta productiva, dicha actitud minimizará el coste por manejo de materiales; en un almacén se conseguirá el mismo efecto si los materiales que normalmente se utilizan en el mismo orden están dispuestos unos junto a otros; en un comercio, la comodidad del cliente es mayor si los productos son agrupados de forma que se reduzca el tiempo de búsqueda; en las oficinas, la cooperación y comunicación pueden mejorarse a menudo colocando cercanos entre sí a la gente o a los departamentos que interactúan frecuentemente (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 302).

[2] Basado fundamentalmente en Muther (1981, págs., 19-21).

C. Seguridad

Se ha de garantizar la seguridad, satisfacción y comodidad del personal, consiguiéndose así una disminución en el índice de accidentes y una mejora en el ambiente de trabajo. Puede parecer un tópico pero la clave para muchos distribuidores radica ahí: «Haz que el trabajo sea realizado con satisfacción y automáticamente conseguirás muchos otros beneficios» (Muther, 1981, pág. 20). Pensemos que la penosidad de los trabajos es una de las razones a considerar a la hora de realizar un estudio de métodos, el cual suele dar lugar a una modificación de la D.P. (véase Capítulo 6).

D. Flexibilidad

Como apuntábamos en el apartado anterior, la distribución en planta necesitará, con mayor o menor frecuencia, adaptarse a los cambios en las circunstancias bajo las que se realizan las operaciones, lo que hace aconsejable la adopción de distribuciones flexibles. Estas deberían seguir siendo adecuadas incluso después de cambios significativos en el mix de clientes, en el mix de productos/servicios, en las necesidades de espacio en un almacén o en la estructura organizacional en una oficina. En este sentido, la flexibilidad de una D.P. dependerá en buena medida de la habilidad para pronosticar los cambios. Si esto no es posible, una distribución flexible debería, al menos, permitir que los cambios requeridos por las nuevas condiciones se puedan hacer a un coste mínimo. Ejemplos de este tipo los encontramos en la utilización de muebles y particiones modulares (en vez de paredes de construcción permanente) o en la colocación extra de tomas de corriente eléctrica (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 302).

9.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DE LA DISTRIBUCION EN PLANTA

De lo dicho hasta ahora puede deducirse fácilmente que, al realizar una buena D.P., es necesario conocer la totalidad de los factores implicados en la misma, así como sus interrelaciones. La influencia e importancia relativa de los mismos puede variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso, la solución adoptada para la distribución en planta debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas. De manera agregada, los factores que tienen influencia sobre cualquier D.P. pueden encuadrarse en ocho grupos que comentaremos a continuación (véase Muther, 1981, pág. 43 y ss.).

9.3.1. Los materiales

Dado que el objetivo fundamental del Subsistema de Operaciones es la obtención de los bienes y servicios que requiere el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de aquéllos y de los materiales sobre los que haya que trabajar. A este respecto, son factores fundamentales a considerar el tamaño, forma, volumen, peso y características físicas y químicas de los mismos, que influyen decisivamente en los métodos de producción y en las formas de manipulación y almacenamiento. La bondad de una D.P. dependerá en gran medida de la facilidad que aporta en el manejo de los distintos productos y materiales con los que se trabaja.

Por último, habrán de tenerse en cuenta la secuencia y orden en el que se han de efectuar las operaciones, puesto que esto dictará la ordenación de las áreas de trabajo y de los equipos, así como la disposición relativa de unos departamentos con otros, debiéndose prestar también especial atención, como ya se ha apuntado, a la variedad y cantidad de los items a producir.

9.3.2. La maquinaria

Para lograr una distribución adecuada es indispensable tener información respecto a los procesos a emplear, a la maquinaria, utillaje y equipos necesarios, así como a la utilización y requerimientos de los mismos. La importancia de los procesos radica en que éstos determinan directamente los equipos y máquinas a utilizar y ordenar. El estudio y mejora de métodos queda tan estrechamente ligado a la distribución en planta que, en ocasiones, es difícil discernir cuáles de las mejoras conseguidas en una redistribución se deben a ésta y cuáles a la mejora del método de trabajo ligada a la misma (incluso hay veces en que la mejora en el método se limitará a una reordenación o redistribución de los elementos implicados).

En lo que se refiere a la maquinaria, se habrá de considerar su tipología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos y utillaje. El conocimiento de factores relativos a la maquinaria en general, tales como espacio requerido, forma, altura y peso, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgos para el personal, necesidad de servicios auxiliares, etc., se muestra indispensable para poder afrontar un correcto y completo estudio de distribución en planta.

9.3.3. La mano de obra

También la mano de obra ha de ser ordenada en el proceso de distribución, englobando tanto la directa, como la de supervisión y demás servicios auxiliares. Al hacerlo, debe considerarse la seguridad de los empleados, junto con otros factores, tales como luminosidad, ventilación, temperatura, ruidos, etc. De igual forma, habrá de estudiarse la cualificación y flexibilidad del personal requerido, así como el número de trabajadores necesarios en cada momento y el trabajo que habrán de realizar. De nuevo surge aquí la estrecha relación del tema que nos ocupa con el diseño del trabajo, pues es clara la importancia del estudio de movimientos para una buena distribución de los puestos de trabajo.

También son claras las interconexiones que se establecen con el Subsistema de Recursos Humanos, pues hay que tener en cuenta los aspectos psicológicos y personales de los trabajadores, la incidencia en la motivación de las distintas distribuciones (especialmente las asociadas a trabajos monótonos) y que la distribución ha de acoplarse a la organización de la compañía. En ese sentido, no se debe dar por sentado que los operarios se adaptarán sin dificultades y/o de buen grado a las distribuciones y redistribuciones adoptadas; algunas veces será posible, otras veces necesitarán ayuda y en ocasiones tendrán que ser reemplazados. A veces, incluso, será la propia filosofía de los mandos la que habrá de cambiar. En el caso de la distribución en planta, como en otros muchos aspectos organizativos en los que el hombre juega un papel activo, su éxito o fracaso no sólo dependerá de su eficiencia per se, sino del grado de acogida con que cuente entre el personal.

9.3.4. El movimiento

En relación con este factor, hay que tener presente que las **manutenciones**[3] no son operaciones productivas, pues no añaden ningún valor al producto. Debido a ello, hay que intentar que sean mínimas y que su realización se combine en lo posible con otras operaciones, sin perder de vista que se persigue la eliminación de los manejos innecesarios y antieconómicos. Se ha de establecer un modelo de circulación a través de los procesos que sigue el material, de forma que se consiga el mejor aprovechamiento de hombres y equipos y una disminución de costes de espera innecesarios, planificando el movimiento de entrada y salida de cada operación en el mismo orden en que el material es procesado, tratado o montado. De esta forma, se considerará la entrada de materiales o accesos a la planta, la salida de éstos o lugares de embarque, así como los movimientos de materiales auxiliares, maquinaria y mano de obra.

9.3.5. Las esperas

Uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la distribución en planta es conseguir que la circulación de los materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el coste que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene. Ahora bien, el material en espera no siempre supone un coste a evitar, pues, en ocasiones, puede proveer una economía superior (por ejemplo: protegiendo la producción frente a demoras de entregas programadas, mejorando el servicio a clientes, permitiendo lotes de producción de tamaño más económico, etc.) (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994), lo cual hace necesario que sean considerados los espacios necesarios para los materiales en espera. Sólo cuando ésta se hace en la misma área de producción, se habla de **espera o demora.** Cuando el material espera en un área determinada, dispuesta aparte y destinada a tal fin, se hablará de **almacenamiento** (véase Apartado 9.9.3). Ambos quedarán justificados por una economía y servicio a la producción, aunque, al ser considerados en el diseño de la distribución, ésta deberá justificar la ociosidad de los mismos.

En la D.P. deberá determinarse la situación de los puntos de espera, que estarán apartados o inmediatos al circuito de flujo, o bien dentro de un circuito de flujo ampliado o alargado. Además, deberán considerarse aspectos como el espacio requerido, los métodos y equipos de almacenamiento, las características del material, los costes que se generan, etc. El espacio requerido dependerá fundamentalmente de la cantidad de material y de los métodos de almacenamiento, así como del método de colocación.

9.3.6. Los servicios auxiliares

Los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos, podemos citar los relativos al personal (por ejemplo: vías de acceso, protección contra incendios, primeros auxilios, supervisión, seguridad, etc.), los relativos al material (por ejemplo: inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares). Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que toman parte en la distribución, estimándose que aproximadamente un tercio de cada planta o departamento suele estar dedicado a los mismos (Dilworth, 1992, pág. 187).

Con gran frecuencia, el espacio dedicado a labores no productivas es considerado un gasto innecesario, aunque los servicios de apoyo sean esenciales para la buena ejecución de la actividad principal. Por ello, es especialmente importante que el espacio ocupado por dichos servicios asegure su eficiencia y que los costes indirectos que suponen queden minimizados.

[3] La manutención o movimiento de materiales puede definirse como «la función que realiza un sistema compuesto de equipos, instalaciones y mano de obra al mover y almacenar material a fin de conseguir unos objetivos determinados, sujetos a condiciones de tiempo y lugar» (Vallhonrat y Corominas (1991, pág. 99)).

9.3.7. El edificio

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la D.P., pero la influencia del mismo será determinante si éste ya existe en el momento de proyectarla. En este caso, su disposición espacial y demás características (por ejemplo: número de pisos, forma de la planta, localización de ventanas y puertas, resistencia de suelos, altura de techos, emplazamiento de columnas, escaleras, montacargas, desagües, tomas de corriente, etc.) se presenta como una limitación a la propia distribución del resto de los factores, lo que no ocurre cuando el edificio es de nueva construcción pues, en tal caso, es éste el que se proyecta de forma que se adapte a las necesidades de la distribución, la cual podrá plantearse, en principio, con mucha mayor libertad. En este último caso, la primera decisión será la de optar por un edificio especial (a la medida del proceso) o por uno de aplicación general (en el que se puedan fabricar diferentes productos). Estos últimos tienen la ventaja derivada de su adaptabilidad y posibilidad de reventa si fuera necesario, lo cual limita el uso de los de aplicación especial a aquellos casos en los que es absolutamente necesario.

9.3.8. Los cambios

Como ya comentamos anteriormente, uno de los objetivos que se persiguen con la distribución en planta es su flexibilidad. Es, por tanto, ineludible la necesidad de prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores que hemos enumerado lleguen a transformar una D.P. eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales. Para ello, habrá que comenzar por la identificación de los posibles cambios y su magnitud, buscando una distribución capaz de adaptarse dentro de unos límites razonables y realistas.

La flexibilidad se alcanzará, en general, manteniendo la distribución original tan libre como sea posible de características fijas, permanentes o especiales, permitiendo la adaptación a las emergencias y variaciones inesperadas de las actividades normales del proceso sin necesidad de tener que ser reordenada (proporcionando equipos supletorios, estableciendo rutas de flujo sustitutivas y estacionamientos de existencias o stocks de compensación en períodos de horas extras o turnos adicionales, etc.) y a través de la capacidad para manejar variedad de productos y/o cantidades diferentes. El desarrollo de los equipos de producción flexibles (véase Capítulo 10) facilita la consecución de este objetivo.

Asimismo, es fundamental tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de la distribución y sus distintos elementos, considerando, además, los cambios externos que pudieran afectarla y la necesidad de conseguir que, durante la redistribución, sea posible seguir realizando el proceso productivo.

Se ha expuesto hasta aquí un resumen de las principales consideraciones a tener en cuenta respecto de los factores que entran en juego en un estudio de distribución en planta. Son notorias las conexiones que existen entre materiales y almacenamiento, movimiento y esperas, servicios y material, mano de obra, maquinaria y edificio, existiendo otros muchos ejemplos que muestran que, en muchas ocasiones, deberán tenerse presentes a la vez más de uno de los factores estudiados. Lo importante es que no se obvie ninguno, dándole a cada uno su importancia relativa dentro del conjunto y buscando que en la solución final se consigan las máximas ventajas del conjunto.

9.4. TIPOS DE DISTRIBUCION EN PLANTA

Aunque pueden existir otros criterios (véase Michel, 1968, págs. 23-25), es evidente que la forma de organización del proceso productivo, esto es, la configuración seleccionada, resulta determinante para la elección del tipo de distribución en planta. No es extraño, pues, que sea dicho criterio el que tradicionalmente se sigue para la clasificación de las distintas D.P., siendo éste el que nosotros adoptaremos en la presente obra. De acuerdo con ello, y en función de las configuraciones que estudiamos en el Capítulo 5, suelen identificarse tres formas básicas de D.P.: las **orientadas al producto** y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas, las **orientadas al proceso** y asociadas a configuraciones por lotes, y las distribuciones **por posición fija,** correspondientes a las configuraciones por proyecto. Sin embargo, a menudo, las características del proceso hacen conveniente la utilización de distribuciones combinadas, esto es, que comparten particularidades de más de una de las tres básicas arriba mencionadas. Nos encontramos entonces ante **distribuciones híbridas,** siendo la más común aquélla que mezcla las características de las distribuciones por producto y por proceso, dando lugar a las **D.P. por células de fabricación.**

En la *D.P. por producto* es éste el determinante fundamental de la ordenación de los puestos de trabajo, colocándose unos a continuación de otros en el orden en el que se suceden las operaciones a realizar, moviéndose el producto de un punto a otro (véase Apartado 9.5). En las *D.P. por proceso* las operaciones y equipos correspondientes a un mismo tipo de actividad se agrupan en distintas áreas (por ejemplo: taller de tornos, de forja, de tratamiento térmico, de pintura, etc.), por los que pasan los diversos productos elaborados según requieran o no cada actividad en cuestión (véase Apartado 9.6). En relación con las *D.P. por posición fija,* las particularidades propias de los proyectos (véase Apartado 9.8) hacen que, en la mayoría de las ocasiones y aspectos, la distribución de los mismos se aproxime más bien a un problema de programación de operaciones, de ahí que los estudios sobre el tema que nos ocupa se centren, fundamentalmente, en las distribuciones por producto y por funciones.

La *D.P. por células de fabricación* consiste en la agrupación de las distintas máquinas dentro de diferentes centros de trabajo, denominadas **celdas o células,** donde se elaboran productos con formas y procesos similares. Se asemeja a una distribución por proceso en cuanto que cada célula está diseñada para desarrollar un conjunto de operaciones específicas, y a una distribución por producto en cuanto a la ordenación de los puestos de trabajo y a que se elaboran muy pocos productos con características semejantes (Aquilano y Chase, 1991, pág. 269) (véase Apartado 9.7).

Por último, y aunque no sean un tipo de distribución en planta propiamente dicha, sino más bien una forma particular de la D.P. por producto, haremos referencia a la distribución típica del enfoque Justo a Tiempo, JIT (*Just in Time*). La distribución de las fábricas japonesas es altamente eficiente y compacta, hasta el punto de permitir la ocupación de hasta una tercera parte de lo que requeriría una fábrica similar occidental (Schonberger, 1986). La clave de este logro radica en que el JIT asegura, al menos en teoría, unos inventarios de material en proceso nulos, lo que reduce al mínimo los espacios previstos para espera de dichos materiales y permite la ubicación de equipos y máquinas más cercanos entre sí. La D.P. queda muy relacionada con el control de calidad, el mantenimiento y la programación de la producción propios del JIT, actividades que deben ser consideradas antes de proceder a la distribución. La D.P. que lo caracteriza dispone la línea en forma de U (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Apartado 7.3.1).

Al margen de que el estudio de las distribuciones mencionadas se trate con detalle en los epígrafes referidos, el Cuadro 9.2 (Adam y Ebert, 1992, pág. 253) recoge las principales características que presentan cada una de las tres distribuciones básicas. Hay que tener en cuenta que se reseñan características generales, lo que no es óbice para que, al considerar casos concretos, existan características y necesidades que difieran de las aquí recogidas.

Cuadro 9.2. Características generales de las D.P. básicas

	D.P. por Producto	D.P. por Proceso	D.P. por Posición Fija
Producto	∘ Estandarizado. ∘ Alto volumen de producción. ∘ Tasa de producción constante.	∘ Diversificados. ∘ Volúmenes de producción variables. ∘ Tasas de producción variables.	∘ Normalmente, bajo pedido. ∘ Volumen de producción bajo (con frecuencia una sola unidad).
Flujo de trabajo	∘ Línea continua o cadena de producción. ∘ Todas las unidades siguen la misma secuencia de operaciones.	∘ Flujo variable. ∘ Cada ítem puede requerir una secuencia de operaciones propia.	∘ Mínimo o inexistente. ∘ El personal, la maquinaria y los materiales van al producto cuando se necesitan.
Mano de obra	∘ Altamente especializada y poco cualificada. ∘ Capaz de realizar tareas rutinarias y repetitivas a ritmo constante.	∘ Fundamentalmente cualificada, sin necesidad de estrecha supervisión y moderadamente adaptable.	∘ Alta flexibilidad de la mano de obra (la asignación de tareas es variable).
Personal Staff	∘ Numeroso personal auxiliar en supervisión, control y mantenimiento.	∘ Necesario en programación, manejo de materiales y control de la producción y los inventarios.	∘ Fundamental en la programación y coordinación de actividades.
Manejo de materiales	∘ Previsible, sistematizado y, a menudo, automatizado.	∘ Variable, a menudo hay duplicaciones, esperas y retrocesos.	∘ Variable y, a menudo, escaso. En ocasiones se requieren equipos (de tipo universal) para cargas pesadas.

	D.P. por Producto	D.P. por Proceso	D.P. por Posición Fija
Inventarios	∘ Alto inventario de productos terminados. ∘ Alta rotación de inventarios de materias primas y material en proceso.	∘ Escaso inventario de productos terminados. ∘ Altos inventarios y baja rotación de materias primas y materiales en curso.	∘ Inventarios variables y frecuentes inmovilizaciones (ciclo de trabajo largo).
Utilización del espacio	∘ Eficiente: elevada salida por unidad de superficie.	∘ Ineficiente: baja salida por unidad de superficie. ∘ Gran necesidad de espacio del material en proceso.	∘ Generalmente toda la superficie es requerida por un único producto (una sola unidad).
Necesidades de capital	∘ Elevada inversión en procesos y equipos altamente especializados.	∘ Inversiones más bajas en proceso y equipos de carácter general.	∘ Equipos y procesos móviles de carácter general.
Coste del producto	∘ Costes fijos relativamente altos. ∘ Bajo coste unitario por mano de obra y materiales.	∘ Costes fijos relativamente bajos. ∘ Alto coste unitario por mano de obra y materiales.	∘ Costes fijos relativamente bajos. ∘ Alto coste unitario por mano de obra y materiales.

9.5. LA DISTRIBUCION EN PLANTA POR PRODUCTO

9.5.1. Características de la distribución en planta por producto

La D.P. por producto es la adoptada cuando la producción está organizada, bien de forma continua, bien repetitiva, siendo el caso más característico el de las cadenas de montaje (véase Capítulo 5). En el primer caso (por ejemplo: refinerías, celulosas, centrales eléctricas, etc.), la correcta interrelación de las operaciones se consigue a través del diseño de la distribución y las especificaciones de los equipos, pero cada caso es tan concreto y especializado que debe quedar en manos de expertos de la industria en cuestión. En el segundo caso, el de las configuraciones repetitivas (por ejemplo: electrodomésticos, vehículos de tracción mecánica, cadenas de lavado de vehículos, etc.), el aspecto crucial de las interrelaciones pasará por el equilibrado de la línea, con objeto de evitar los problemas derivados de los cuellos de botella desde que entra la materia prima hasta que sale el producto terminado (Meredith, 1992, pág. 279).

Si consideramos en exclusiva la secuencia de operaciones, la distribución es relativamente sencilla, en cuanto que se circunscribirá a colocar cada operación tan cerca como sea posible de su predecesora. Las máquinas se sitúan unas junto a otras a lo largo de una línea en la secuencia en que cada una de ellas ha de ser utilizada; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción de una estación a otra a medida que sufre las operaciones necesarias. El flujo de trabajo en este tipo de distribución puede adoptar diversas formas, dependiendo de cuál se adapte mejor a cada situación concreta; las más usuales aparecen en la Figura 9.1.

Figura 9.1. Formas más habituales de las D.P. por producto.

Los distintos componentes (fabricación interna o compra externa) habrán de ser fabricados o entregados tan cerca como sea posible del punto en el que tengan que ser ensamblados e incorporados al proceso y, si algún ítem tiene que ser almacenado, deberá serlo cerca del punto en que será utilizado. Cuando los items son ligeros, éstos pueden ser transportados manualmente a lo largo de la línea, pero éste no es siempre el caso (por ejemplo: fabricación de vehículos, maquinaria, etcétera.) (Dilworth, 1992, pág. 177). Además, al ser elevado el número de unidades a mover y existir un camino fijo para el movimiento de los materiales, la inversión en equipos automatizados para el manejo de materiales queda normalmente justificada (véase Capítulo 10).

Las ventajas e inconvenientes de la D.P. por producto aparecen en el Cuadro 9.3 (elaborado a partir de Dilworth, 1992, págs. 177-178).

Cuadro 9.3. Ventajas e inconvenientes de la D.P. por producto

Ventajas	Inconvenientes
∘ Manejo de materiales reducido. ∘ Escasa existencia de trabajos en curso. ∘ Mínimos tiempos de fabricación. ∘ Simplificación de los sistemas de planificación y control de la producción. ∘ Simplificación de tareas (el trabajo altamente especializado permite el aprendizaje rápido por parte de trabajadores poco cualificados).	∘ Ausencia de flexibilidad en el proceso (un simple cambio en el producto puede requerir cambios importantes en las instalaciones). ∘ Escasa flexibilidad en los tiempos de fabricación (el flujo de fabricación no puede ser más rápido que la actividad más lenta (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 8)). ∘ Inversión muy elevada (equipos específicos). ∘ El conjunto depende de cada una de las partes (la parada de alguna máquina o la falta de personal en alguna de las estaciones de trabajo puede parar la cadena completa). ∘ Trabajos muy monótonos (que afectan la moral del personal).

9.5.2. Análisis de la distribución en planta por producto. El equilibrado de cadenas

El aspecto crucial del problema radica en la posibilidad de subdividir el flujo de trabajo lo suficiente como para que el personal y los equipos sean utilizados de la forma más ajustada posible a lo largo del proceso (Meredith, 1992, pág. 279). En el caso frecuente de que una de las operaciones del proceso requiera más tiempo para ser ejecutada que todas las demás, se convertirá en lo que se conoce como un cuello de botella, cuya capacidad, la más baja de todos los centros de trabajo, restringe la del proceso completo. Este problema suele solucionarse mediante el **equilibrado de la cadena,** que consiste en subdividirla en estaciones de trabajo cuya carga se encuentre bien ajustada o equilibrada. La asignación del trabajo a las distintas estaciones se realiza de modo que se consiga la producción deseada con el menor número de estaciones. El concepto de equilibrio quedará definido más adelante, en función de los tiempos de ejecución de las tareas. Los pasos a seguir se exponen a continuación y se ilustran en el Ejemplo 9.1.

9.5.2.1. *Definición de tareas e identificación de precedencias*

Se comienza por *descomponer el trabajo en tareas,* o unidades más pequeñas que pueden ser realizadas de forma independiente. A partir de ahí, para cada una de ellas, se identifican las actividades precedentes, es decir, aquéllas que han de ser realizadas para que la tarea en cuestión pueda comenzar. A pesar de que la mayoría de las líneas[4] han de satisfacer determinados requerimientos técnicos en cuanto al orden de las distintas actividades, también hay casos en los que existe alguna libertad para establecer más de una secuencia de operaciones. Esta ordenación queda recogida en el llamado **Diagrama de Precedencias** (véase Ejemplo 9.1).

9.5.2.2. *Cálculo del número mínimo de estaciones de trabajo*

Definidas las tareas y las precedencias, el tercer paso será calcular el *número mínimo de estaciones* requeridas para elaborar el producto. Para ello se comienza calculando el **Tiempo de Ciclo** de la línea, que representa el tiempo máximo permitido a cada estación para procesar una unidad de producto. La expresión del tiempo de ciclo, c, en segundos/unidad es: c(seg/un.) $= [(1/r)$(h./un.)$] \times 3600$ (seg/h), donde r es la producción deseada[5] expresada en unidades/hora. Para conseguir esta última, todas las tareas habrán de asignarse a alguna estación, satisfaciendo todas las necesidades de precedencia y minimizando el número de estaciones resultante, n.

El *ideal de equilibrio* se da, y aquí retomamos la definición que dejamos pendiente, cuando la suma de los tiempos de ejecución de las tareas de cada estación coincide con el tiempo de ciclo. En tal caso, el reparto de trabajo por estaciones ha sido perfectamente equilibrado, no habiendo ninguna estación cuello de botella ni ninguna con tiempo ocioso. Ahora bien, la desigualdad de los

[4] Los conceptos cadena y línea se utilizarán como sinónimos a lo largo del capítulo.
[5] r se obtiene por cociente entre la producción deseada por período productivo y el número de horas de trabajo disponibles por período.

tiempos de ejecución de las tareas y las restricciones impuestas por las precedencias hacen que este objetivo sea prácticamente inalcanzable. Sin embargo, el equilibrado perfecto constituye un punto de referencia al que debe tenderse: realizar el equilibrado con el menor número de estaciones de trabajo posible. Este concepto se conoce como **Mínimo Teórico,** MT, que se expresa como: $MT = \Sigma t_i/c$, siendo t_i el tiempo de ejecución de la tarea i y Σt_i el tiempo de ejecución total requerido para elaborar una unidad de producto. Cuando MT no sea un número entero, tendrá que ser ajustado por exceso, dado que carece de sentido hablar de estaciones de trabajo fraccionadas.

Como veremos a continuación, si se consigue que el número de estaciones, n, en que quede dividida la cadena se minimice y coincida con MT, se estarán consiguiendo automáticamente tres objetivos: minimizar los tiempos ociosos, t_0, maximizar la eficiencia, E, y minimizar el retraso del equilibrado, R. El **tiempo ocioso** es el tiempo improductivo total en la fabricación de una unidad para el conjunto de todas las estaciones de trabajo. Cada una de las n estaciones tarda c segundos por unidad, por lo que nc es el tiempo total necesario por unidad, incluyendo tiempos productivos e improductivos. Si a este total necesario le sustraemos el total requerido se obtiene la totalidad de tiempo ocioso o improductivo: $t_0 = nc - \Sigma t_i$. La **eficiencia** vendrá expresada como la relación por cociente entre el tiempo requerido y el tiempo realmente necesario o empleado: $E(\%) = 100\ \Sigma t_i/nc$. En tanto que la eficiencia alcanzada no llegue al 100 por 100 existirá un **retraso del equilibrado**: $R(\%) = 100 - E$.

Una vez que c es fijado, es obvio que estos tres objetivos podrán ser optimizados en la medida que se minimice n. Sin embargo, no hay que olvidar que no siempre será posible llegar a MT y equilibrar la cadena.

Otra manera de afrontar el problema de equilibrado de cadenas (Schroeder, 1992, pág. 267) es minimizar el tiempo de ciclo para un número dado de estaciones. En cualquier caso, puede deducirse que el tiempo de ciclo no puede ser ni inferior al tiempo de ejecución de la tarea más larga ni superior al tiempo total requerido para ejecutar el proceso, esto es, el total de tiempo productivo.

9.5.2.3. *Asignación de las tareas a las estaciones de trabajo*

El número de soluciones posibles puede llegar a ser muy elevado, aumentando con el número de estaciones y el número de tareas, siendo heurísticos los procedimientos que se siguen y proporcionando, por tanto, una solución satisfactoria. Los pasos a seguir son los siguientes (Krajewski y Ritzman, 1990, páginas 322-323):

a) Se comienza con la primera estación a formar, a la que se asigna el número 1.

b) Se elabora una lista con todas las posibles tareas que podrían ser incluidas en la estación en cuestión, las cuales deben cumplir tres condiciones:
- No haber sido asignadas todavía a ninguna estación.
- Todas sus tareas precedentes han debido ser asignadas a ésta o a alguna estación previa.
- Sus tiempos de ejecución, t_i, no pueden exceder el tiempo ocioso de la estación que, en este momento, será la diferencia entre el tiempo de

ciclo, c, y la suma de los tiempos de ejecución de las tareas que ya hayan sido asignadas a la estación que se está formando.

Caso de que no haya ninguna tarea que cumpla las tres condiciones, se irá directamente al paso *e*).

c) Se selecciona, de entre las candidatas de la lista, una tarea. Para esta selección se sigue normalmente una de las dos reglas siguientes[6]:

- *Regla 1:* Se selecciona aquella tarea cuyo tiempo de ejecución sea más elevado. De esta forma, se tiende a asignar lo antes posible las más difíciles de encajar dentro de las estaciones. Las tareas con t_i más cortos se reservan para un ajuste más preciso de la solución. En el Ejemplo 9.1 adoptaremos esta regla.
- *Regla 2:* Se selecciona aquella tarea que tenga un mayor número de tareas siguientes. Con ello se facilita el mantener abiertas más opciones para formar las estaciones posteriores. Sin embargo, las necesidades de precedencia pueden dejar sólo unas pocas opciones de secuencias de tareas posibles, dando como resultado un tiempo ocioso total excesivo e innecesario.

d) Calcular el tiempo acumulado de todas las tareas asignadas hasta ese momento a la estación en cuestión y restárselo al tiempo de ciclo para obtener su tiempo ocioso. Volver al paso *b*).

e) Si queda alguna tarea por asignar, pero no puede serlo a la estación que se está formando en ese momento, debe crearse una nueva estación. A ésta se le asignará un número igual al de la estación previa incrementado en una unidad y se volverá al paso *b*). En el caso de que no quede ninguna otra tarea por asignar la solución habrá sido completada.

9.5.2.4 *Evaluación de la eficacia y la eficiencia de la solución y búsqueda de mejoras*

La *solución* será *eficaz* si alcanza la capacidad deseada, lo cual se ha procurado al hacer depender c de la producción deseada, y será *eficiente* si minimiza el tiempo ocioso. Ambas variables habrán de estudiarse, teniendo en cuenta que en ocasiones podrán incrementarse mediante desviaciones del proceso expuesto; por ejemplo, asignando más de un trabajador a determinadas estaciones o haciendo que un mismo trabajador realice operaciones en más de una estación aprovechando los tiempos ociosos[7].

Para finalizar, conviene hacer una precisión respecto a una de las variables manejadas en el proceso, el volumen de producción deseado. Dicho volumen se ha considerado como un dato externo al problema de equilibrado, que viene dado como conversión de las previsiones de demanda. Sin embargo, éste depende también de otros factores tales como la propia utilización de la capacidad (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulo 2) o de la frecuencia de reequilibrado necesaria. El acercamiento entre demanda y producción pretende asegurar el servicio a tiempo y minimizar los inventarios no deseados; sin embargo, la variabilidad de la producción que ello puede entrañar acarrea el inconveniente de aumentar la frecuencia de reequilibrado de la línea. Esto implica que a los trabajadores se les asignen distintas tareas, lo cual conlleva un tiempo de aprendizaje que, si bien no suele ser muy prolongado, afecta negativamente a la productividad. Las plantas de montaje de automóviles son un ejemplo claro en este sentido, debiendo evitar en lo posible los cambios y reestructuraciones; cuando la demanda cae es preferible detener el proceso un turno completo a reducir la producción gradualmente desacelerando el ciclo de trabajo (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 319).

[6] Dilworth (1992, pág. 192) incluye una tercera basada en la selección de aquella actividad cuyas tareas siguientes tengan el mayor tiempo de ejecución conjunto.

[7] Técnicas más detalladas, considerando varios trabajadores por estación, inventarios adyacentes, roturas o absentismo pueden verse en Lutz y otros (1994).

EJEMPLO 9.1. Equilibrado de cadenas

Una empresa va a instalar una cadena de montaje para la elaboración de uno de sus productos. Sabiendo que la producción necesaria en una jornada de trabajo de 8 horas es de 600 unidades, debe procederse al equilibrado de la línea, considerando las tareas de mayor a menor tiempo de ejecución.

a) **Definición de tareas e identificación de precedencias**

La Tabla 9.1 muestra las tareas que forman parte del proceso, así como sus tiempos de ejecución, t_i, y sus relaciones de precedencia. El correspondiente diagrama de precendencias es el que aparece en la Figura 9.2.

Tabla 9.1. Tareas, precedencias y tiempos de ejecución

Tareas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
t_i (segundos)	28	12	16	20	22	14	16	8	10	24	22	10	14	10	$\Sigma t_i = 226$
Precedentes	-	A	A	A	A	C	B	D	E	F,G	J	H,I	L	K,M	

b) **Cálculo del número mínimo de estaciones**

El número de unidades elaboradas por hora, r, debe ser: $r = 600/8 = 75$ un./h. De donde el **tiempo de ciclo** de la cadena será: $c = (1/75)3600 = 48$ seg/un. Con este tiempo de ciclo, el **número mínimo de estaciones** de trabajo en las que se puede subdividir la cadena será igual a: $MT = \Sigma t_i/c = 226/48 = 4{,}708 \approx 5$.

Si el equilibrado pudiera realizarse con 5 estaciones de trabajo, el total de **tiempo ocioso de la línea** sería: $t_0 = nc - \Sigma t_i = 5 \times 48 - 226 = 240 - 226 = 14$ seg., la **eficiencia** tomaría el valor $E = 100\Sigma t_i/nc = 100 \times 226/240 = 94{,}17$ por 100 y el **retraso** del equilibrado sería tan sólo del 5,83 por 100 ($= 100 - E$).

c) **Asignación de tareas a estaciones**

La asignación de tareas a las estaciones de trabajo en función de los mayores tiempos de ejecución de las mismas, y teniendo en cuenta el proceso indicado en el Apartado 9.5.2.3, aparece en la Tabla 9.2.

La cadena ha quedado equilibrada en el mínimo número de estaciones de trabajo posible, con lo que la eficiencia y el retraso del equilibrado alcanzan los valores calculados previamente. Gráficamente, la solución obtenida aparece en la Figura 9.2.

Tabla 9.2. Asignación de tareas a las estaciones

Estación	Tareas a asignar	t_i	Tarea asignada	t_o estación ($c - \Sigma t_i$)
1	A	28	A	20
	B, C, D	12, 16, 20	D	0
2	B, C, E, H	12, 16, 22, 8	E	26
	B, C, H, I	12, 16, 8, 10	C	10
	H, I	8, 10	I	0
3	B, F, H	12, 14, 8	F	34
	B, H	12, 8	B	22
	G, H	16,8	G	6
4	H, J	8, 24	J	24
	H, K	8,22	K	2
5	H	8	H	40
	L	10	L	30
	M	14	M	16
	N	10	N	6

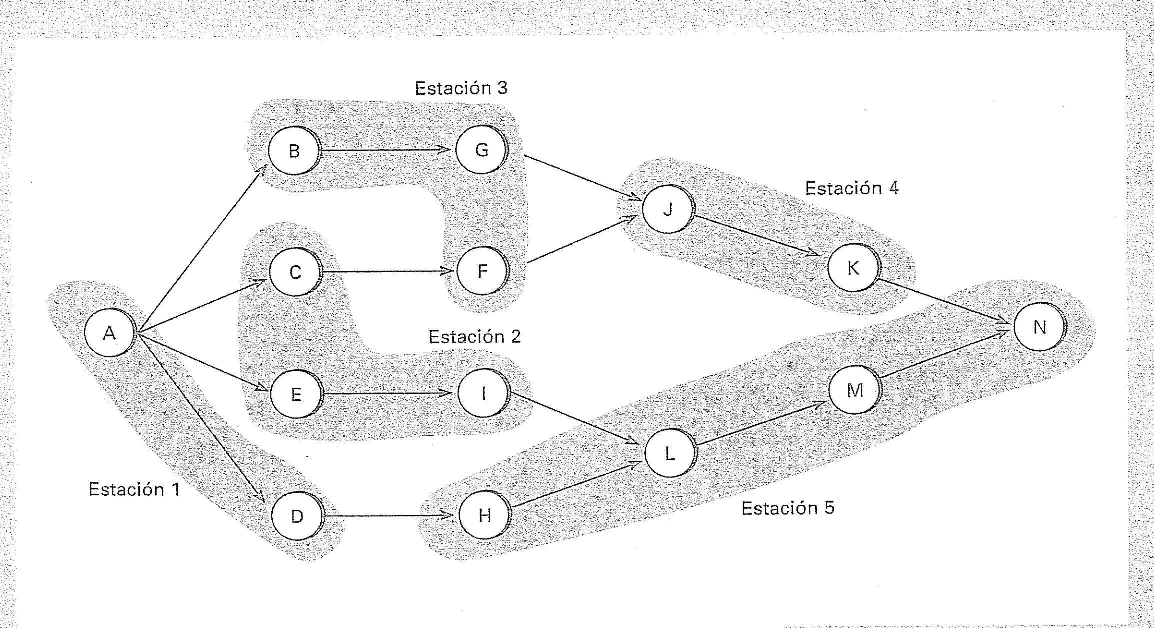


Figura 9.2. Equilibrado de la cadena en 5 estaciones de trabajo.

9.6. LA DISTRIBUCION EN PLANTA POR PROCESO

9.6.1. Características de la distribución en planta por proceso

La D.P. por proceso se adopta cuando la producción se organiza por lotes (por ejemplo: muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.) (véase Capítulo 5). El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones también sean denominadas por funciones o por talleres. En ellas, los distintos items tienen que moverse, de un área a otra, de acuerdo con la secuencia de operaciones establecida para su obtención. La variedad de productos fabricados supondrá, por regla general, diversas secuencias de operaciones, lo cual se reflejará en una diversidad de los flujos de materiales entre talleres. A esta dificultad hay que añadir la generada por las variaciones de la producción a lo largo del tiempo, que puede modificarse (incluso de una semana a otra) tanto en las cantidades fabricadas como en los propios productos elaborados. Esto hace indispensable la adopción de distribuciones flexibles, con especial hincapié en la flexibilidad de los equipos utilizados para el transporte y manejo de materiales de unas áreas de trabajo a otras.

Tradicionalmente, estas características han traído como consecuencia uno de los grandes inconvenientes de estas distribuciones, cual es la baja eficiencia de las operaciones y del transporte de los materiales, al menos en términos relativos respecto de las D.P. por producto. Sin embargo, el desarrollo tecnológico (véase Capítulo 10) está facilitando vencer dicha desventaja, permitiendo a las empresas mantener una variedad de productos con una eficiencia adecuada. Las principales ventajas e inconvenientes de la D.P por proceso aparecen en el Cuadro 9.4 (elaborado a partir de Dilworth, 1992, pág. 176).

Cuadro 9.4. Ventajas e inconvenientes de la D.P. por proceso

Ventajas	Inconvenientes
◦ Flexibilidad en el proceso vía versatilidad de equipos y personal cualificado. ◦ Menores inversiones en equipos (al ser universal, suele ser menos costoso y la duplicación no es necesaria a menos que los volúmenes de producción sean muy elevados). ◦ Mayor fiabilidad (el fallo de una máquina o suministro no implica la parada del proceso). ◦ La diversidad de tareas asignadas a los trabajadores reduce la insatisfacción y desmotivación de la mano de obra. ◦ La supervisión por áreas de trabajo adquiere amplios conocimientos y pericia sobre las funciones bajo su dirección.	◦ Baja eficiencia en el manejo de materiales (en ocasiones los desplazamientos son muy largos y se producen retrocesos y cambios de sentido). ◦ Elevados tiempos de ejecución (el trabajo suele quedar en espera entre las distintas tareas del proceso). ◦ Dificultad de planificar y controlar la producción. ◦ Coste por unidad de producto más elevado (mano de obra más cualificada y manejo de materiales poco eficiente). ◦ Baja productividad (dado que cada trabajo es diferente requiere distinta organización y aprendizaje por parte de los operarios).

9.6.2. Análisis de la distribución por proceso

La decisión clave a tomar en este caso será la disposición relativa de los diversos talleres. Para adoptar dicha decisión se seguirá fundamentalmente la satisfacción de criterios tales como disminuir las distancias a recorrer y el coste del manejo de materiales (o, en el caso de los servicios, disminuir los recorridos de los clientes), procurando así aumentar la eficiencia de las operaciones. Así, la superficie y forma de la planta del edificio, la seguridad e higiene en el trabajo, los límites de carga, la localización fija de determinados elementos, etc., limitarán y probablemente modificarán las soluciones obtenidas en una primera aproximación.

Si existiese un flujo de materiales claramente dominante sobre el resto la distribución de los talleres podría asemejarse a la disposición de los equipos en una línea de producción. Sin embargo, esto no es lo habitual, teniendo que recurrirse a algún criterio que determine dicha ordenación. El factor que con mayor frecuencia se analiza, aunque raramente será el único por las razones ya expuestas, es el coste de la manipulación y transporte de materiales entre los distintos centros de trabajo. Lógicamente, éste dependerá del movimiento de materiales, pero también de la necesidad que tenga el personal de realizar esos recorridos por motivos de supervisión, inspección, trabajo directo o simple comunicación. Dado que para un producto determinado los costes mencionados aumentan con las distancias a recorrer, la distribución relativa de los departamentos influirá en dicho coste.

En algunas ocasiones no es posible obtener de forma fiable la información cuantitativa referida al tráfico de materiales entre departamentos o, simplemente, no es éste el factor más importante a considerar, siendo los factores cualitativos los que cuentan con verdadera relevancia a la hora de tomar la decisión.

El proceso de análisis se compone, en general, de tres fases: recogida de información, desarrollo de un plan de bloque y diseño detallado de la distribución, las cuales se resumen en el Cuadro 9.5[8].

Cuadro 9.5. Desarrollo de la D.P. por proceso

		FASES			
		Recogida de información		Plan de bloque	Distribución detallada
Naturaleza de los factores relevantes	Cuantitativos	Espacio requerido Espacio disponible Otras consideraciones	∘ Matriz de intensidades de tráfico ∘ Matriz de distancias ∘ Matriz de costes	∘ Minimizar el coste de transporte: Algoritmo básico de transposición	∘ Consideración de otros factores y restricciones
	Cualitativos		∘ Prioridades de cercanía	∘ Consideración de las prioridades de cercanía: Método S. L.P.	

[8] Elaborado a partir de Krajewski y Ritzman (1990, págs. 303-308).

9.6.2.1. *Recogida de información*

En primer lugar, es necesario conocer los *requerimientos de espacio* de cada área de trabajo. Esto requiere un cálculo previo que comienza con las previsiones de demanda, las cuales se irán traduciendo sucesivamente en un plan de producción, en una estimación de las horas de trabajo necesarias para producir dicho plan y, por consiguiente, en el número de trabajadores y máquinas necesario por áreas de trabajo. En este cálculo habrán de considerarse las fluctuaciones propias de la demanda y la producción a las que antes hicimos referencia[9].

Las máquinas y puestos de trabajo necesitan un cierto espacio físico, denominado **superficie estática,** S_E; junto a él hay que reservar otro, denominado **superficie de gravitación,** S_G, para que los operarios desarrollen su trabajo y los materiales y herramientas puedan ser situados. Además, hay que añadir la **superficie de evolución**[10], S_V, espacio suficiente para permitir los recorridos de materiales y operarios. De acuerdo con ello, una de las formas más comunes de calcular la **superficie total necesaria,** S_T, de un departamento o sección es a través de la suma de los tres componentes citados: $S_T = S_E + S_G + S_V$. Los dos últimos elementos se calculan respectivamente como: $S_G = S_E n$ y $S_V = (S_E + S_G)k$, donde n es el número de lados accesibles de las máquinas al trabajo y k un coeficiente que varía entre 0,05 y 3, según el tipo de industria[11].

En cuanto al *espacio disponible*, en principio bastará con conocer cuál es la superficie total de la planta para, en una primera aproximación, cuadricularla y estimar la disponibilidad para cada sección. Sin embargo, a la hora de realizar la distribución detallada se necesitará dar formas más exactas y ajustadas a la realidad, considerando aquellos elementos fijos que limitan y perfilan la distribución (véase Apartado 9.6.2.3).

Cuando el objetivo fundamental de la D.P. sea la reducción del coste por manejo de materiales, el problema podrá plantearse, en la mayoría de las ocasiones, en términos cuantitativos. Para ello, será indispensable conocer el flujo de materiales entre departamentos, las distancias entre los mismos y la forma en la que los materiales son transportados.

La información proporcionada por datos históricos existentes, por las hojas de ruta y/o por los programas de producción (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 1 y 2) permitirá construir una **Matriz de Intensidades de Tráfico,** cuyos elementos representan el número de manutenciones entre departamentos por período de tiempo[12]. Por su parte, las distancias entre las diversas áreas en las que se dividirá la planta y en las que podrían localizarse los distintos talleres quedarán recogidas en la **Matriz de Distancias**. Por lo que respecta al coste del transporte del material, éste dependerá directamente del equipo utilizado para ello; dicho coste quedará plasmado en la denominada **Matriz de Costes**[13]. Las

[9] Diversas formas de cálculo pueden verse en Francis, McGinnis y White (1992, págs. 97-99).

[10] Krajewski y Ritzman consideran que el espacio requerido para la circulación puede consumir, al menos, el 25 por 100 del total de la planta (1990, pág. 303).

[11] J. A. D. Machuca y otros (1990, pág. 163). La tabla completa puede verse en Michel (1968, página 33).

[12] Para cada ítem, el número de manutenciones por período se calcula como cociente entre la producción y el número de unidades del ítem que pueden incluirse en una manutención (valor de la unidad de manutención para dicho ítem). En la distribución de servicios la intensidad de tráfico puede medirse por el número de viajes del personal entre secciones.

[13] En ocasiones (por ejemplo: el equipo de manejo es único) se simplifica el problema considerando un coste unitario constante por unidad de distancia (véase Ejemplo 9.2).

diagonales de estas tres matrices tendrán todos sus elementos nulos, dado que representarían el transporte de materiales de cada departamento consigo mismo (véase Ejemplo 9.2).

Como ya comentábamos, puede que, en ocasiones, esta información cuantitativa no esté disponible, o bien que la importancia de la cercanía o lejanía entre departamentos venga marcada por factores de naturaleza cualitativa (por ejemplo: el taller de pintura debe situarse lejos del de soldadura para evitar incendios; se evitará situar el área de contagiosos cerca de pediatría). En otros casos, lo aconsejable es que determinadas áreas se sitúen cercanas entre sí (por ejemplo: puede ser conveniente que la sala de rayos X de un hospital se sitúe cerca de traumatología). Toda esta información cualitativa sobre **prioridades de cercanía** puede explicitarse mediante algún instrumento, tal como el **cuadro o gráfico de interrelaciones**, que veremos más adelante.

Por último, se recogerá cualquier otra información que se considere relevante y que pueda influir en algún aspecto de la distribución.

9.6.2.2. *Desarrollo de un plan de bloque*

Una vez determinado el tamaño de las secciones habrá que proceder a su ordenación dentro de la estructura existente o a determinar la forma deseada que dará lugar a la construcción de la planta que haya de englobarlas. Esta fase de la distribución presenta un número extremadamente elevado de posibles soluciones de forma que, en la inmensa mayoría de las ocasiones, se llega a la determinación de una buena solución que alcance los objetivos fijados y cumpla en lo posible las restricciones impuestas, pero sin llegar a determinarse la solución óptima.

Criterios cuantitativos: El coste del transporte

Con la información recogida en las tres matrices descritas en el apartado anterior, se trata de minimizar el coste de desplazamiento de materiales entre secciones. Para una distribución dada, el coste total por transporte sería: $CTT = \Sigma\Sigma t_{ij}d_{ij}c_{ij}$, donde t_{ij} es el número de manutenciones que salen de la actividad i hacia la actividad j, d_{ij} es la distancia existente desde la actividad i a la actividad j y c_{ij} es el coste por unidad de distancia y manutención de la actividad i a la actividad j.

De las variables mencionadas, la única que depende de la localización relativa de los departamentos es d_{ij}, por lo que, lógicamente, el problema a resolver será determinar aquella distribución o combinación particular de d_{ij} que minimice CTT. La resolución se complica extraordinariamente debido al elevado número de posibles combinaciones existentes, el cual implica que, en general, el número de casos posibles[14] cuando existen n secciones sea de $n!$ Aunque para problemas pequeños podría obtenerse la solución óptima si se analizaran todas las combinaciones existentes, para los casos más comunes esto suele ser imposible incluso con la ayuda del ordenador[15]. Para superar dicho inconveniente se recurre a la resolución del problema mediante algoritmos heurísticos que, al menos, proporcionan soluciones satisfactorias.

[14] Cuando las disposiciones son simétricas pueden eliminarse la mitad de las mismas y reducir los cálculos en esa proporción.
[15] Un proceso con 10 secciones contaría en principio con 10! = 3628800 distribuciones alternativas y uno con 20 con 608 billones de posibles combinaciones.

El denominado **algoritmo básico de trasposición**[16] parte de una distribución arbitraria (o ya existente previamente, en el caso de las redistribuciones) a la cual se denomina **permutación base.** Se calcula el coste por transporte que ésta supone y, a continuación, se generan todas las permutaciones posibles entre las actividades, intercambiando dos a dos las de la permutación base (el número de permutaciones obtenidas de esta forma será $n(n - 1)/2$). Acto seguido, se calcula el coste de cada una de las permutaciones generadas, de forma que, si se obtiene alguno inferior al de la base, la distribución correspondiente será adoptada en lugar de aquélla[17], volviéndose a aplicar sobre la misma el proceso descrito. Este proceso iterativo será repetido hasta que en alguna de las iteraciones no aparezca ninguna distribución con coste inferior, en cuyo caso, la distribución de menor coste hasta ese momento será considerada como la mejor solución.

Sin embargo, hay que ser conscientes de que la solución obtenida puede ser la más satisfactoria en base al criterio que tratamos (minimizar el coste de transporte) pero que, en la práctica, ésta puede ser inviable por determinadas restricciones y circunstancias que deben ser consideradas, pudiendo ser necesario un reajuste de la solución encontrada. Una vez tenida en cuenta dicha información, se procederá a dar forma a los distintos departamentos a partir de sus necesidades y limitaciones de espacio.

EJEMPLO 9.2. Aplicación del algoritmo básico de transposición a la determinación de un plan de bloque

Una compañía cuyo proceso fabril se halla configurado por lotes ha decidido llevar a cabo la redistribución de su planta al considerar que la distribución actual genera unos costes de transporte excesivamente elevados. El tráfico de materiales entre las distintas secciones (S_1, S_2, S_3 y S_4) y las distancias existentes entre las zonas en las que éstas pueden situarse aparecen recogidos en las matrices correspondientes. En cuanto al coste unitario por unidad de manutención y unidad de distancia, se considera constante e igual a 2 u.m.

Zona 1 — S_2	Zona 2 — S_4
Zona 3 — S_1	Zona 4 — S_3

Figura 9.3. Distribución actual.

Tabla 9.3. Matriz de intensidades de tráfico

t_{ij}	1	2	3	4
1	0	5	2	4
2	3	0	2	1
3	3	2	0	2
4	5	0	3	0

Tabla 9.4. Matriz de distancias

d_{ij}	1	2	3	4
1	0	2	4	3
2	1	0	2	4
3	3	2	0	2
4	5	3	3	0

[16] Otro algoritmo puede verse en Vallhonrat y Corominas (1991, pág. 43).
[17] En el caso de que surjan más de uno se tomará el inferior.

Asimismo, se desea recalcular la superficie necesaria de la sección S_3, a partir de la información presentada en la Tabla 9.5. El valor del coeficiente k es de 1,5.

Tabla 9.5.

Tipo de máquina	Número de máquinas iguales	S_{Ei} (m^2)	n_i
I	3	4	2
II	2	3	3
III	2	6	2

Partimos de la **Permutación Base** (PB) 2413 (es decir, S_2 se encuentra en la zona 1, S_4 en la zona 2, S_1 en la 3 y S_3 en la 4), de la que calculamos el coste que genera por tráfico de materiales.

$$c_{2142} = t_{24} \times d_{12} \times c_u = 1 \times 2 \times 2 = 4$$
$$c_{2113} = t_{21} \times d_{13} \times c_u = 3 \times 4 \times 2 = 24$$
$$c_{2134} = t_{23} \times d_{14} \times c_u = 2 \times 3 \times 2 = 12$$
$$c_{4221} = t_{42} \times d_{21} \times c_u = 0 \times 1 \times 2 = 0$$
$$c_{4213} = t_{41} \times d_{23} \times c_u = 5 \times 2 \times 2 = 20$$
$$c_{4234} = t_{43} \times d_{24} \times c_u = 3 \times 4 \times 2 = 24$$
$$c_{1321} = t_{12} \times d_{31} \times c_u = 5 \times 3 \times 2 = 30$$
$$c_{1342} = t_{14} \times d_{32} \times c_u = 4 \times 2 \times 2 = 16$$
$$c_{1334} = t_{13} \times d_{34} \times c_u = 2 \times 2 \times 2 = 8$$
$$c_{3421} = t_{32} \times d_{41} \times c_u = 2 \times 5 \times 2 = 20$$
$$c_{3442} = t_{34} \times d_{42} \times c_u = 2 \times 3 \times 2 = 12$$
$$c_{3413} = t_{31} \times d_{43} \times c_u = 3 \times 3 \times 2 = 18$$

$$CTT_{2413} = 188 \text{ u.m.}$$

Calculamos las distintas permutaciones, en este caso un total de 6(= 4(4 − 1)/2), calculando de forma análoga a la utilizada anteriormente, su coste de transporte (Tabla 9.6).

Tabla 9.6. Primera iteración

Permutaciones	4213	1423	3412	2143	2314	2431
Coste (u.m.)	190	186	162	156	172	208

Se selecciona como nueva PB la 2143, por ser la de menor coste, y se recomienzan los cálculos (Tabla 9.7).

Tabla 9.7. Segunda iteración

Permutaciones	1243	4123	3142	2413	2341	2134
Coste (u.m.)	186	158	182	188	188	164

Por lo que, según el método heurístico empleado, la mejor D.P. a adoptar sería la 2143, con un coste de 156 u.m. (véase Figura 9.4.).

Zona 1 — S_2	Zona 2 — S_1
Zona 3 — S_4	Zona 4 — S_3

Figura 9.4. Distribución elegida.

El cálculo de la superficie necesaria de S_3 aparece recogido en la Tabla 9.8.

Tabla 9.8. Superficie necesaria para S_3

Tipo de máquina	Superficie estática $S_{Ei} = S_i \times N_i$	Superficie de gravitación $S_{Gi} = S_{Ei} \times n_i$	Superficie de evolución $S_{Vi} = (S_{Ei} + S_{Gi})k$
I	$S_{EI} = 4 \times 3 = 12$	$S_{GI} = 12 \times 2 = 24$	$S_{VI} = (12 + 24)1{,}5 = 54$
II	$S_{EII} = 3 \times 2 = 6$	$S_{GII} = 6 \times 3 = 18$	$S_{VII} = (6 + 18)1{,}5 = 36$
III	$S_{EIII} = 6 \times 2 = 12$	$S_{GIII} = 12 \times 2 = 24$	$S_{VIII} = (12 + 24)1{,}5 = 54$
Total	$S_E = \Sigma S_{Ei} = 30$	$S_G = \Sigma S_{Gi} = 66$	$S_V = \Sigma S_{Vi} = 144$

Luego, la superficie total necesaria de S_3, ST, será: $S_T = S_E + S_G + S_V = 30 + 66 + 144 = 240$ m².

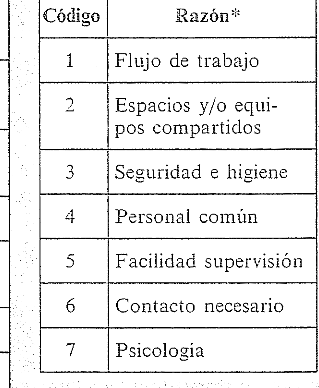
Criterios cualitativos: las prioridades de cercanía

Por las razones apuntadas en el Apartado 9.6.2.1 puede ocurrir que la D.P. deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos. En dichos casos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por Muther y Wheeler denominada SLP (*Systematic Layout Planning*). En ella (véase Ejemplo 9.3), las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: *A* (absolutamente necesaria), *E* (especialmente importante), *I* (importante), *O* (importancia ordinaria) y *U* (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra *X*. Dichas especificaciones se recogen en un *cuadro o gráfico de interrelaciones* que muestra, además, las razones que motivan el grado de preferencia expresado. El proceso continuará dibujando una serie de recuadros que representan a los departamentos en el mismo orden en que aparecen en el cuadro de interrelaciones, los cuales serán unidos por arcos cuya representación gráfica muestra las prioridades de cercanía que los relacionan. A continuación, este diagrama se va ajustando por prueba y error, comenzando por situar los departamentos relacionados con arcos *A* juntos entre sí y los relacionados con arcos *X* lo más alejados posible. Cuando esto se ha conseguido, se intentará unir cuanto se pueda los departamentos relacionados con arcos *E*, después los relacionados con arcos *I* y, finalmente, los relacionados con arcos *O*, hasta que se llegue a obtener una distribución satisfactoria. Una vez obtenida la disposición relativa, se procederá a dar forma a la misma considerando las superficies y restricciones de espacio con que cuenta cada departamento.

EJEMPLO 9.3. Desarrollo del método S.L.P.

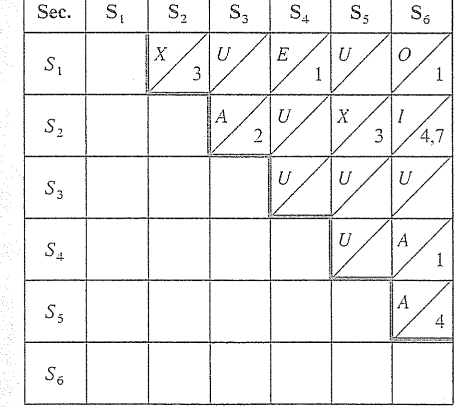
Valor	Prioridad de cercanía	Código de líneas*
A	Absolutamente necesaria	▬ (cuatro líneas)
E	Especialmente importante	═ (tres líneas)
I	Importante	──
O	Importancia ordinaria	- - - -
U	Indiferente	
X	Indeseable	/\/\/\/

* Código utilizado sólo a efectos explicativos; en la práctica se utiliza un código de colores.



Código	Razón*
1	Flujo de trabajo
2	Espacios y/o equipos compartidos
3	Seguridad e higiene
4	Personal común
5	Facilidad supervisión
6	Contacto necesario
7	Psicología

* Pueden incluirse otras.



Sec.	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
S_1		*X* 3	*U*	*E* 1	*U*	*O* 1
S_2			*A* 2	*U*	*X* 3	*I* 4,7
S_3				*U*	*U*	*U*
S_4					*U*	*A* 1
S_5						*A* 4
S_6						

Cuadro de interrelaciones.

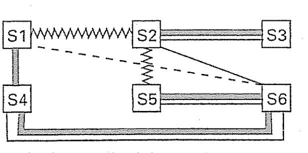
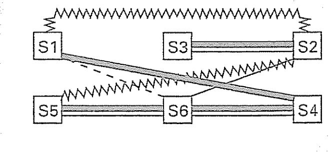
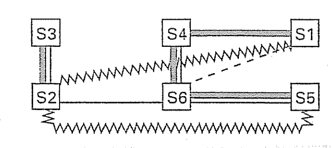


Diagrama inicial



Primera iteración



Segunda iteración (puede ser óptima)

9.6.2.3. *Distribución detallada*

Por último, hay que realizar la ordenación de los equipos y máquinas dentro de cada departamento, obteniéndose una distribución detallada de las instalaciones y todos sus elementos. Dicha ordenación puede enfocarse como un problema de distribución en planta en miniatura, pudiéndose utilizar los métodos contemplados para la distribución interdepartamental. Ahora bien, a este nivel de detalle no cabe duda de que las técnicas más útiles y difundidas siguen siendo los dibujos, los modelos a escala y las maquetas. En la obtención de esta distribución pueden surgir determinados contratiempos (por ejemplo: escaleras, montacargas, columnas, resistencia de suelos, altura de techos, etc.) no considerados en etapas previas, que pueden hacer necesaria la revisión de la solución obtenida en la etapa anterior.

9.7. DISTRIBUCIONES HIBRIDAS. LAS CELULAS DE TRABAJO

9.7.1. Las células de trabajo: definición, características y nivel de implantación

Aunque, en la práctica, el término *célula* se utiliza para denominar diversas y distintas situaciones dentro de una instalación, ésta puede definirse *como una agrupación de máquinas y trabajadores que elaboran una sucesión de operaciones sobre múltiples unidades de un ítem o familia(s) de items* (Dilworth, 1992, pág. 180).

La denominación de **distribución celular** es un término relativamente nuevo, sin embargo, el fenómeno no lo es en absoluto[18]. En esencia, la fabricación celular busca poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, particularmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas. Esta consiste en la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando outputs con las mismas características en familias y asignando grupos de máquinas y trabajadores para la producción de cada familia. En ocasiones, estos outputs serán productos o servicios finales; otras veces serán componentes que habrán de integrarse a un producto final, en cuyo caso, las células que los fabrican deberán estar situadas junto a la línea principal de ensamble (para facilitar la inmediata incorporación del componente en el momento y lugar en que se necesita (Meredith, 1992, pág. 288)). Entre otros, se aplica a la fabricación de componentes metálicos de vehículos y maquinaria pesada en general (por ejemplo: tapacubos, tuercas, tornillos, etc.).

Lo normal es que las células se creen efectivamente, es decir, que se formen **células reales** en las que la agrupación física de máquinas y trabajadores sea un hecho. En este caso, además de la necesaria identificación de las familias de productos y agrupación de equipos, deberá abordarse la distribución interna de las células, que podrá hacerse a su vez por producto, por proceso o como mezcla de ambas, aunque lo habitual será que se establezca de la primera forma. No obstante, en ocasiones, se crean las denominadas **células nominales o virtuales**, identificando y dedicando ciertos equipos a la producción de determinadas familias de *outputs*, pero sin llevar a cabo la agrupación física de aquéllos dentro de una célula. En este segundo caso no se requiere el análisis de la distribución, la organización mantiene simplemente la distribución que tenía, limitándose el problema a la identificación de familias y equipos. Junto a los conceptos anteriores está el de las **células residuales**, a las que haremos referencia más adelante. A éstas hay que recurrir cuando existe algún ítem que no puede ser asociado a ninguna familia o cuando alguna maquinaria especializada no puede incluirse en ninguna célula debido a su uso general. Las ventajas e inconvenientes de la distribución celular aparecen en el Cuadro 9.6.

[18] No es extraño encontrar, en una misma instalación, unas áreas distribuidas por proceso y otras por producto.

Cuadro 9.6. Ventajas e inconvenientes de las distribuciones celulares[19]

Ventajas	Inconvenientes
◦ Mejora de las relaciones humanas (en las células, un equipo de trabajadores completa una unidad de trabajo. Estos son entrenados para manejar cualquiera de las máquinas de su célula y asumen de forma conjunta la responsabilidad del resultado de los *outputs*). ◦ Mejora de la pericia de los operarios (los trabajadores realizan sólo un número limitado de items en un ciclo de producción finito. El incremento en la repetitividad permite un aprendizaje más rápido). ◦ Disminución del material en proceso (una misma célula engloba varias etapas del proceso de producción, por lo que el traslado y manejo de materiales a través de la planta se ve reducido). ◦ Disminución de los tiempos de preparación (hay que hacer menos cambios de herramientas puesto que el tipo de items a los que se dedican los equipos está ahora limitado). ◦ Disminución de los tiempos de fabricación. ◦ Simplificación de la planificación. ◦ Se facilita la supervisión y el control visual.	◦ Incremento del coste y desorganización por el cambio de una distribución por proceso a una celular[20]. ◦ Normalmente, reducción de la flexibilidad del proceso. ◦ Potencial incremento de los tiempos inactivos de las máquinas (éstas se encuentran ahora dedicadas a la célula y difícilmente podrán ser utilizadas todo el tiempo). ◦ Riesgo de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o los procesos.

Las ventajas van a verse reflejadas en un menor coste de producción y en una mejora en los tiempos de suministro y en el servicio al cliente. Incluso podrían conseguirse mejoras en la calidad, aunque ello necesitará de otras actuaciones aparte del cambio en la distribución (Adam y Ebert, 1992, pág. 274).

Otro aspecto a considerar es el grado en que una instalación puede adoptar la distribución celular, lo cual puede resumirse en una matriz como la que aparece en el Cuadro 9.7[21]. Los cuadrantes de dicha matriz recogen los tipos de agrupaciones por células más comunes; las diversas situaciones quedan determinadas a partir de dos dimensiones: la cantidad de máquinas o equipos dedicados a la producción de familias de *outputs* respecto del total de equipos de la planta y el número de células requeridas para completar un ítem.

[19] Elaborado a partir de Adam y Ebert (1992, págs. 274-275) y Aquilano y Chase (1991, pág. 285).

[20] En Suresh y Meredith (1994) se hace un estudio sobre las condiciones bajo las cuales las ventajas que aporta una distribución superan los inconvenientes que se señalan.

[21] Elaborado a partir de Meredith (1992, págs. 289-291).

Cuadro 9.7. Matriz de niveles de agrupación celular

		% de las instalaciones dedicado a la producción celular	
		Bajo	Alto
Número de células necesarias para completar un ítem	Varias	PARCIAL	DOS NIVELES
	Una	PILOTO	AUTONOMO

A. Nivel de implantación parcial

En general, representa aquellos casos en los que la empresa desea probar la distribución celular, pero sin incurrir de momento en el gasto de mover los equipos, por lo que se usan células nominales. También pueden incluirse aquí aquellas situaciones en las que las células parciales han sido realmente formadas, pero las familias de items tienen que moverse entre varias células para ser acabadas (aunque así no podrán alcanzarse todos los beneficios potenciales de la distribución celular, en muchos casos sí serán suficientes como para que la empresa decida su total implantación).

B. Implantación a dos niveles

Desarrolla la situación del primero hasta una conversión extensiva de las instalaciones en células. Estas (nominales o reales) fabrican ahora la mayoría de los items elaborados en la planta, aunque todavía tienen que pasar por más de una célula para su terminación. Ello es frecuente cuando existen recursos indivisibles necesarios para muchas de las familias de items, los cuales no pueden ser dedicados a una sola célula, teniendo que ser compartidos por varias (por ejemplo: el tratamiento térmico).

C. Células piloto

Se da cuando hay alguna familia de items que se produce completamente en una célula, pero la mayoría se procesa de la forma habitual en el resto de la planta. Dicha situación puede tener un triple origen:

- Realización de una prueba piloto para evaluar los beneficios de la producción celular.
- Una célula automatizada (o incluso manual) que produce una familia de items con alguna característica especial (por ejemplo: elevado volumen de producción, nivel de calidad determinado, proceso de producción específico, etc.).
- Una «mini-instalación», es decir, una parte de las instalaciones normalmente automatizada y completamente dedicada al diseño, producción y venta de una familia de items. Al englobar aspectos de ingeniería, marketing, contabilidad y otros servicios de apoyo asociados a la fabricación y venta de su producción, el concepto de mini-instalación es más amplio que el de célula productiva.

D. Nivel de implantación autónomo

Representa la situación más pura (a la que normalmente se hace referencia cuando se habla de una distribución celular). Casi la totalidad de las instalaciones están dedicadas a la producción celular y las familias de items necesitan sólo su célula dedicada para ser fabricados completamente.

9.7.2. Formación de las células

La aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la formación de las familias de items y células asociadas a las mismas, aspecto fundamental en el estudio de la D.P. celular, supone seguir tres pasos básicos (Evans y otros, 1990, pág. 370):

- Seleccionar las familias de productos.
- Determinar las células.
- Detallar la ordenación de las células.

Los dos primeros pasos pueden realizarse por separado, pero es frecuente abordarlos simultáneamente. En relación con la agrupación de productos para su fabricación conjunta en una misma célula, habrá que determinar primero cuál será la condición determinante que permita tal agrupación. A veces ésta resulta obvia al observar sus similitudes de fabricación, otras veces no lo es tanto y hay que ver si conviene realizarla en función de la similitud en la forma, en el tamaño, en los materiales que incorporan, en las condiciones medioambientales requeridas, etc. Una vez determinadas las familias de productos, la formación de una célula para cada familia puede ser la mejor solución, aunque ello no sea siempre cierto (a veces es incluso una solución imposible). Son muchas las ocasiones en las que es difícil definir las células sobre la base de idénticos requerimientos en el proceso de producción de las familias de items. Las cuatro aproximaciones utilizadas generalmente para identificar familias y células son las siguientes (Meredith, 1992, pág. 291):

- Clasificación y codificación de todos los items y comparación de los mismos entre sí para determinar las familias. Posteriormente, habrá que identificar las células y equipos que han de producirlas.
- Formación de las células por agrupación de máquinas, utilizando el análisis clúster o la teoría de grafos. En este caso, aún habrá que solucionar la formación de las familias.
- Formación de familias por similitud de rutas de fabricación (véase Capítulo 4). De nuevo, queda pendiente la identificación de las células.
- Identificación simultánea de familias y células fundamentada en la similitud entre productos en función de sus necesidades de equipos/máquinas (o viceversa).

El Ejemplo 9.4 muestra una de las formas más habituales y simples de formar las células. Por último, una vez determinadas las células y las familias de productos que en ellas se elaborarán, hay que detallar la distribución interna de las mismas. Dicha distribución será, por lo general, muy similar a la de una típica distribución por producto. El número de máquinas y el cuello de botella determinarán la capacidad de la célula; el manejo de materiales debe minimizarse y se equilibrará la carga de trabajo tanto como sea posible (Evans y otros, 1990, pág. 370).

EJEMPLO 9.4. Determinación de familias y células mediante el análisis del flujo de producción

Un proceso productivo elabora quince componentes, los cuales requieren para su fabricación otras tantas máquinas diferentes. Las necesidades de maquinaria por componentes son las que aparecen en la Tabla 9.9.

A partir de la información anterior, el método consiste, en esencia, en la determinación de la denominada **matriz de máquinas-componentes** y en identificar, a partir de ella, los componentes que tienen necesidades de maquinaria comunes. Las distintas máquinas quedan recogidas en las columnas de la matriz, mientras que cada fila representa un ítem a producir[22]. De esa forma, en cada elemento del cuerpo de la matriz donde el ítem correspondiente necesita la máquina con la que intersecciona se coloca un uno (véase Tabla 9.10). El objetivo será reordenar filas y columnas, esto es, máquinas y componentes, de forma que lleguen a identificarse «bloques» de unos situados a lo largo de la diagonal, los cuales se corresponderán con las células formadas. Una

[22] O, a la inversa, las máquinas en las filas y los items en las columnas.

forma para intentar reordenar la matriz es mover las filas con unos a la izquierda hacia la parte superior y las columnas con unos arriba hacia la parte izquierda. Repitiendo este proceso iterativamente, los bloques de unos tienden a situarse en la diagonal de la matriz, formando las agrupaciones de familias por células.

Tabla 9.9. Requerimientos de maquinaria

Comp.	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
Máq.	M3 M5 M6 M8	M2 M7 M11 M12	M13 M15	M5 M6 M8 M13 M14	M2 M11 M12 M13	M3 M5 M14	M4 M9 M11 M13	M1 M13 M15	M4 M10	M3 M5 M6 M8 M14	M1 M15	M1 M13 M15	M9 M10	M4 M10	M7 M11 M12

Tabla 9.10. Matriz básica de máquinas (M) y componentes (C)

C \ M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1			1		1	1		1							
2		1					1				1	1			
3													1		1
4					1	1		1					1	1	
5		1									1	1	1		
6			1		1									1	
7				1					1		1		1		
8	1												1		1
9				1						1					
10			1		1	1		1						1	
11	1														1
12	1												1		1
13									1	1					
14				1						1					
15							1				1	1			

Tabla 9.11. Matriz reordenada

C \ M	5	8	3	6	14	12	11	2	7	1	15	13	10	4	9
10	1	1	1	1	1										
6	1		1		1										
4	1	1		1	1			Célula II				1			
1	1	1	1	1				↓							
5			↑			1	1	1				1			
15			Célula I			1	1		1						
2						1	1	1	1						
11										1	1				
3						Célula III			→		1	1			
8										1	1	1			
12										1	1	1			
14													1	1	
13									Célula IV			→	1		1
9													1	1	
7							1					1		1	1

Como puede observarse en la Tabla 9.11, la agrupación de células por correspondencia con los bloques de unos aparecidos en la reordenación de la matriz implica la creación de cuatro células reales bien definidas, aunque con algunos problemas puntuales. El más evidente es el de la máquina M13, la cual se necesita en la elaboración de items de todas las familias creadas. Pueden darse distintas soluciones, que habrán de estudiarse en función de su coste y factibilidad:

- Duplicar la máquina e incorporarla a más de una célula.
- Situarla sola en una célula residual por la que pasen todos los componentes que lo requieran.
- Situarla en una de las células formadas (en este caso parece que la más indicada es la III) y que los items de las otras células pasen por ésta.

Algo similar ocurre con el componente C7, que necesitan las máquinas M11 y M13, las cuales quedan fuera de su célula. Una solución podría ser hacerlo pasar también por las células M11 o M13 o ambas a la vez.

Una posible solución sería duplicar M11 en la célula IV y crear una célula residual con M13.

Como se desprende del Ejemplo 9.4, puede aceptarse que un componente no utilice todas las máquinas del bloque en el que ha quedado englobado, así como que una máquina no procese todos los componentes de su grupo. Sin embargo, hay que evitar en la medida de lo posible que algún componente o máquina interactúe, respectivamente, con una máquina o componente fuera de la célula correspondiente (ello implicaría que en la matriz, una vez reordenada, quedase algún uno fuera de algún bloque). Cuando no es posible evitar tal situación habrá que recurrir, bien a la duplicación del equipo (si ello es factible), bien a la necesidad de tener que procesar el componente en cuestión en más de una célula para su acabado. En ocasiones extremas, será necesaria la instalación de alguna célula residual que fabrique algún componente imposible de encajar en la distribución resultante o que recoja algún equipo de uso general pero que no puede ser duplicado.

En general, las líneas a seguir para reordenar la matriz son las siguientes (Meredith, 1992, págs. 292-293).

- Las máquinas incompatibles deberían quedar en células separadas.
- Cada componente debería ser producido en una sola célula.
- Cada tipo de máquina debería estar situada en una sola célula.
- Las inversiones por duplicación de maquinaria deberían ser minimizadas.
- Las células deberían limitarse a un tamaño razonable.

9.8. LA DISTRIBUCION EN PLANTA POR POSICION FIJA

La D.P. por posición fija es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Ello provoca que el material base o principal componente del producto final permanezca inmóvil en una posición determinada, de forma que los elementos que sufren los desplazamientos son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que son necesarios en la elaboración del producto, así como los propios clientes en su caso. Esto hace que el resultado de la distribución se limite, en la mayoría de los casos, a la colocación de los diversos materiales y equipos alrededor del emplazamiento del proyecto y, sobre todo, a la determinación de los momentos de llegada de esos materiales y de la realización de las distintas operaciones que engloba el proyecto, esto es, a la programación de las actividades.

Aunque todos los proyectos comparten una serie de características generales, marcadas fundamentalmente por el hecho de que los productos elaborados suelen ser únicos, podemos distinguir aquéllos en función, precisamente, del tipo de producto elaborado (Schroeder, 1992, pág. 277):

- **Proyectos de construcción** (por ejemplo: edificios, carreteras, diques, puentes, túneles, etc.). En este caso, el coste del manejo de materiales es un factor fundamental en la distribución de los mismos, así como la consideración de las precedencias tecnológicas y la programación.
- **Proyectos de manufactura por posición fija** (por ejemplo: astilleros, aeronáutica, locomotoras, vehículos espaciales, etc.). Los factores a considerar en este caso son similares a los del anterior. El problema de la distribución se centra en la disposición de los materiales durante la construcción o fabricación, dependiendo su ubicación de su nivel de uso, es decir, a mayor grado de utilización, más cerca se colocarán del lugar de emplazamiento del

producto. En muchas ocasiones se opta por la distribución de los materiales en círculos concéntricos al producto, de modo que, a mayor frecuencia de uso de los materiales y herramientas, más interno será el círculo en el que se dispongan, reduciéndose así el coste de su manejo. Asimismo, el orden tecnológico de las operaciones y la programación de actividades implicarán distribuir los materiales de acuerdo con el momento en el que hayan de ser utilizados en el proyecto, cuestión especialmente importante en el caso de que el espacio se encuentre limitado.

- **Proyectos múltiples que se realizan en un mismo lugar** (por ejemplo: agencias de publicidad, estudios de arquitectura, departamentos de I+D, películas, salas de urgencia y quirófanos en hospitales[23], etc.). En este caso, los proyectos realizados siguen siendo únicos cada vez, pero el tipo de proyecto es repetido de forma intermitente. Las diversas actividades suelen agruparse conjuntamente (por ejemplo: vestuarios, laboratorio), de ahí que pueda considerarse la posibilidad de aplicarles los principios de la distribución por procesos, pero con la dificultad de pronosticar el flujo de materiales dado que el proyecto es único.

9.9. PARTICULARIDADES EN LA DISTRIBUCION EN PLANTA DE SERVICIOS

Hasta este momento, junto con las empresas de manufactura, también se ha hecho referencia a las de servicios. La mayoría de los conceptos y técnicas expuestas en el presente capítulo pueden aplicarse tanto a unas como a otras. Prueba de ello es la utilización del equilibrado de cadenas en la distribución de las líneas de autoservicio en cafeterías y restaurantes o de las técnicas empleadas en las distribuciones por proceso (véase Apartado 9.6.2) para los hospitales (Murdick y otros, 1990).

Sin embargo, también es evidente que entre unas y otras existen diferencias. Por lo general, las empresas de servicios cuentan con un trato más directo con el cliente (en ocasiones, la presencia de éste en las instalaciones es indispensable para que el servicio pueda realizarse); esto hace que, con frecuencia, el énfasis de la distribución se ponga más en la satisfacción y comodidad del cliente que en el propio desarrollo de las operaciones del proceso. Es más, en estas empresas, la comodidad durante el servicio y la apariencia atractiva de aquellas áreas en contacto directo con los clientes constituyen objetivos a añadir para la consecución de una buena D.P. (Murdick y otros, 1990, pág. 172).

Otra de las particularidades de la distribución de servicios es el hecho de que al ser el cliente el que, con su presencia, regula el flujo de trabajo, no puede hacerse una previsión de la carga de trabajo y una programación de actividades tan exacta como la que cabe esperar en una empresa de manufactura. Esto hace que, a menudo, el análisis de la capacidad y la distribución sean llevados a cabo simultáneamente, estudiándose los recorridos y esperas que han de sufrir los clientes (Meredith, 1992, pág. 276); para ello puede emplearse la Teoría de Colas (véase Anexo a la Parte II). Es evidente que las colas no son exclusivas de los servicios, pero en ellos adquieren especial importancia: la demanda es estacional y heterogénea, por lo que los tiempos de ejecución pueden ser muy variables; los

[23] Este es un caso de distribución híbrida en el que dentro de una D.P. por proceso, típica de un hospital, el paciente se sitúa en la mesa de operaciones y médicos, enfermeras, instrumental, etc., se colocan en torno a él en una distribución por posición fija.

servicios son, por lo general, intangibles y, por tanto, el ajuste entre demanda y producción no puede hacerse a través de la gestión de stocks; las colas en los servicios las conforman personas, lo cual supone mayores implicaciones para la distribución (Vallhonrat y Corominas, 1991, págs. 92-93).

A continuación vamos a detallar las particularidades que, respecto a la distribución en planta, requieren algunos servicios.

9.9.1. La distribución de oficinas[24]

En las oficinas, el material trasladado entre departamentos y puestos de trabajo es, casi exclusivamente, la información. Dicho traslado puede hacerse a través de:

- Conversaciones individuales cara a cara.
- Conversaciones individuales por teléfono o/y ordenador.
- Correo y otros documentos físicos.
- Correo electrónico.
- Reuniones y grupos de discusión.
- Interfonos.

En este caso, el problema de la distribución lo dicta el movimiento de trabajadores y de documentos en soporte físico, quedando ampliamente simplificado cuando puede recurrirse a las telecomunicaciones.

La distribución dependerá del área total existente, de su forma, del proceso que se desarrolla y de las relaciones que han de darse entre trabajadores. El tipo de trabajo desarrollado marcará las diferencias en cuanto a superficie, equipamiento, espacio y privacidad necesarios en cada caso concreto para procurar la eficiencia óptima. Mesas agrupadas en áreas abiertas frente a despachos privados, separación de puestos de trabajo por estanterías, plantas o archivadores, separaciones a media altura o hasta el techo, etc., son consideraciones fundamentales en la distribución de instalaciones, donde aspectos como el trabajo en equipo, la autoridad, la imagen y el estatus son, en ocasiones, prioritarios.

Muestra de la importancia e interés que despierta este tema es el elevado número de artículos publicados al respecto en fechas recientes, algunos de los cuales quedan incluidos en la bibliografía.

9.9.2. La distribución de comercios

En estos casos, de los que el más típico exponente son los supermercados, el objetivo perseguido es maximizar el beneficio neto por metro cuadrado de estanterías. Dado su coste, la superficie de venta y almacenamiento ha de aprovecharse al máximo (por ejemplo: firmas como Benetton instalan expositores que ocupan toda la altura del local y que sirven para exponer y almacenar la mercancía al mismo tiempo). Si se acepta la hipótesis de que las ventas varían directamente con la exposición de los productos al cliente, el objetivo de la distribución se traducirá en exponer a la clientela tantos productos como sea posible en el espacio disponible; ello no debe hacer las instalaciones incómodas, esto es, habrá que dejar espacio suficiente para el desplazamiento entre estanterías.

Son dos los aspectos que deben estudiarse. Por un lado, la ordenación global del espacio disponible y, por otro, la distribución entre productos de las áreas de

[24] Véase Heizer y Render (1988, págs. 403-405).

exposición. Heizer y Render (1988, pág. 408) apuntan seis ideas para el primero de ellos:

- Colocar los productos de consumo diario alrededor de la periferia.
- Colocar en lugares prominentes los productos de compra impulsiva y aquéllos con altos márgenes.
- Suprimir los pasillos que permitan pasar de unas calles a otras sin recorrerlas completamente. En el caso más extremo, los clientes podrán seguir tan sólo un camino a lo largo de toda la tienda.
- Distribuir los productos reclamo a ambos lados de una calle y dispersarlos para incrementar la exposición de los artículos adyacentes.
- Usar como expositores los finales de las calles.
- Transmitir la imagen del negocio a través de una cuidadosa selección de la primera sección a la que se accede.

El segundo aspecto mencionado queda englobado dentro de la función comercial, en la actividad denominada, en términos anglosajones, *merchandising*.

9.9.3. La distribución de almacenes

El objetivo de la distribución es ahora encontrar la relación óptima entre el coste del manejo de materiales y el espacio de almacenamiento (Heizer y Render, 1988, pág. 408). Son aspectos fundamentales a considerar: la utilización del espacio cúbico, los equipos y métodos de almacenamiento[25], la protección de los materiales, la localización de éstos (aprovechamiento de espacios exteriores), etc.

Pero, además, la distribución de los almacenes se complica cuando los pedidos engloban un elevado número de productos distintos o cuando se piden pocas unidades del mismo producto, pero muy frecuentemente (Vallhonrat y Corominas, 1991, págs. 92-93). En dichos casos, el coste por manejo de materiales que supondría un desplazamiento de ida y vuelta para cada pedido sería excesivamente elevado. Entre las formas de solución de este problema se encuentran la agregación por productos de unidades correspondientes a diversos pedidos o, algo nada fácil, establecer rutas óptimas para cada pedido.

El desarrollo informático ha permitido también que, en la actualidad, el problema de la localización de los diversos artículos dentro de un almacén pueda verse considerablemente disminuido. Estos pueden colocarse de forma dispersa, aprovechando, por ejemplo, cuando sea necesario, el primer espacio disponible, y realizando la búsqueda posterior a través del ordenador, el cual almacenó la información correspondiente, pudiéndose, incluso, determinar las rutas óptimas de recogida cuando sea necesario.

9.10. UTILIZACION DE ORDENADORES EN EL PROCESO DE DISTRIBUCION EN PLANTA

Debido al elevado número de factores que han de ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar una *distribución por proceso*, a menudo, las aproximaciones por prueba y error son las únicas factibles. Pero, como ya se indicó, el enorme número de cálculos y posibilidades en los problemas a resolver (incluso en los no muy

[25] Véase Evans y otros (1990, págs. 373-376) y Apartado 10.3.1.4.

complejos) llega a ser abrumador. Resulta obvio, pues, que la ayuda del ordenador facilita enormemente el desarrollo de los cálculos; sin embargo, a pesar de las capacidades y velocidades alcanzadas en la actualidad por los ordenadores, no existe en el mercado software capaz de encontrar la mejor solución para este tipo de problemas de distribución en planta, utilizándose métodos heurísticos.

Los programas desarrollados para asistir a la D.P. por proceso pueden utilizar criterios cuantitativos (debiendo ser especificadas entonces las matrices de distancias e intensidades de tráfico) o cualitativos (en cuyo caso se utiliza la escala de prioridades de cercanía de Muther). Entre los paquetes informáticos para el análisis de la distribución existentes en el mercado pueden mencionarse los que aparecen en el Cuadro 9.8[26].

Cuadro 9.8. Paquetes informáticos para la D.P. por proceso

CRAFT (Computer Relative Allocation of Facilities Technique). Desarrollado por Buffa y Gordon, es un programa heurístico que puede operar hasta con 40 departamentos, siendo su desarrollo casi idéntico al algoritmo básico de transposición (véase Apartado 9.6.2.2). Este programa parte de una distribución previa que ha de tomarse como punto de partida y supone que el coste de las interrelaciones entre operaciones o departamentos es producto de las matrices de distancias e intensidades de tráfico, que son los inputs del problema. Tras calcular el coste que genera la distribución inicial, intercambia los departamentos de dos en dos (versiones más avanzadas lo hacen de tres en tres), evaluando el coste de cada cambio y adoptando, de entre todos, aquél con menor coste, aplicándole a éste el mismo proceso. Cuando el coste no puede ser disminuido o se ha alcanzado un total de iteraciones especificadas, la mejor ordenación conseguida se imprime como solución. Las versiones más recientes permiten considerar elementos arquitectónicos como la situación de puertas, ventanas o paredes, así como la existencia de varios pisos[27].

ALDEP (Automated Layout Design Program). Desarrollado por Seehof y Evans, tiene capacidad para distribuir 63 departamentos. Usa una matriz de código de letras similar a las especificaciones de prioridad de cercanías de Muther (véase Apartado 9.6.2.2). Dicha calificación es traducida a términos cuantitativos para facilitar la evaluación. Los inputs del programa son la planta del edificio y la situación de elementos fijos, permitiendo seleccionar emplazamientos para determinados departamentos. Utiliza un algoritmo de barrido, de forma que selecciona aleatoriamente un primer departamento y lo sitúa en la esquina noroeste de la planta, colocando los demás de forma sucesiva en función de las especificaciones de proximidad dadas.

CORELAP (Computerized Relationship Layout Planning). Puede ordenar hasta 45 departamentos. Entre otros, requiere como inputs la especificación de los tamaños de aquéllos y algunas dimensiones de la planta. En lo que será el centro de la distribución sitúa el departamento que está más interrelacionado con el resto y, en sucesivas iteraciones, va colocando los demás en función de su necesidad de cercanía con los ya colocados. Las soluciones obtenidas se caracterizan por la irregularidad en las formas.

PREP (Plant Relayout and Evaluation Package). Puede analizar un total de 99 departamentos. Los resultados se basan en las distancias realmente recorridas en el manejo de materiales, es decir, no considera caminos rectos entre los centros de los departamentos, pudiendo trabajar con diferentes recorridos.

SLIM (Store Labor and Inventory Management) y COSMOS (Computerized Optimization and Simulation Modeling for Operating Supermarkets). Son programas específicos para la distribución de pequeños comercios y supermercados (véase Heizer y Render, 1988, pág. 408).

En el caso de la *D.P. por producto*, el número de soluciones posibles, incluso para problemas sencillos, puede ser también muy elevado. Además, con la com-

[26] Elaborado, básicamente, a partir de Dilworth (1992, págs. 200-202) y Vallhonrat y Corominas (1991, págs. 88-91).

[27] Un algoritmo desarrollado para tal caso (Bozer y otros, 1994) es MULTIPLE (MULTI-floor Plant Layout Evaluation).

plejidad del problema, el número de posibilidades crece tan rápidamente como en el caso de la D.P. por proceso. De nuevo, es posible la ayuda del ordenador. Hay paquetes (por ejemplo: OMIS[28]) que consideran todas las combinaciones posibles de tareas que cumplen los requerimientos de precedencias y de tiempo de ciclo al formar una estación, seleccionando aquella combinación que minimiza el tiempo ocioso de la misma, y así, sucesivamente, para cada estación, hasta que no quedan tareas por asignar.

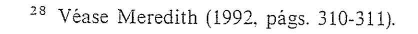
Sin embargo, una vez más, aunque los resultados obtenidos son aceptables no tienen por qué ser óptimos. El juicio humano permite a menudo mejorar las soluciones generadas por el ordenador. De hecho, en la práctica, aún permanecen los métodos manuales.

9.11. CONSIDERACIONES FINALES

La distribución en planta es un proceso complejo, con numerosos factores implicados, cuyo resultado afecta directamente a los costes y a la productividad de la empresa, comprometiendo a ésta a largo plazo en la mayoría de las ocasiones, de ahí su carácter estratégico. Fijados los objetivos, se busca aquella distribución que los alcance más eficientemente, la cual queda fundamentalmente determinada por la configuración productiva. Las configuraciones continuas se corresponden con distribuciones por producto, las configuraciones por lotes con distribuciones por proceso y los proyectos con distribuciones por posición fija. Fácilmente pueden encontrarse distribuciones híbridas, entre las que destaca la distribución celular, mezcla de distribuciones por producto y proceso.

Aunque los métodos de resolución varían en cada caso, es común a todos ellos que la solución pueda ser difícilmente optimizada, por lo que suele recurrirse a la utilización de algoritmos heurísticos, lo cual también se da en el software disponible en el mercado. Además, no puede negarse que la experiencia y el juicio humano son primordiales, sobre todo, en las fases más detalladas de la distribución, donde los planos y maquetas siguen utilizándose ampliamente.

La distribución de servicios posee determinadas particularidades derivadas del trato directo con el cliente (instalaciones atractivas) pero, en general, se le aplican los mismos principios y técnicas que a la distribución de manufacturas.



[28] Véase Meredith (1992, págs. 310-311).

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ADAM, E. E. Jr., y EBERT, R. J.: «Production and Operations Management», Prentice Hall, 1992.

AHMED, M. U.; AHMED, N. U., y NANDKEDYAR, U.: «A Volume and Material Handling Cost Based Heuristic for Designing Cellular Manufacturing Cells», *Journal of Operations Management*, vol. 10, n.º 4, 1991.

AQUILANO, N. J., y CHASE, R. B.: «Fundamentals of Operations Management», Irwin, 1991.

BONETT, D. G., y WOOLSEY, R. E. D.: «Load-Distance Analysis with Variable Loads», *Production and Inventory Management Journal*, vol. 34, n.º 1, 1993.

BOZER, Y. A.; MELLER, R. D., y ERLEBACHER, S. J.: «An Improvement-type Layout Algorithm for Single and Multiple-floor Facilities», *Management Science*, vol. 40, n.º 7, 1994.

DILWORTH, J. B.: «Operations Management», McGraw-Hill, 1992.

EVANS, J. R.; ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J., y WILLIAMS, D. J.: «Applied Production and Operations Management», West, 1990.

FRANCIS, R. L.; MCGINNIS, L. F., Jr., y WHITE, J. A.: «Facility Layout and Location: An Analitical Approach», Prentice Hall, 1992.

GARLAND, E.: «Entering the Virtual Office», *Marketing Computers*, vol. 14, n.º 2, 1994.

GRUDIER, A.: «Designing the CAD Workplace», *Bobbin*, vol. 35, n.º 2, 1993.

HEIZER, J., y RENDER, B.: «Production and Operations Management», Allyn and Bacon, 1988.

HICKS, P. E.: «Industrial Engineering and Management. A new perspective», McGraw-Hill, 1994.

JORDAN, P. C., y FRAZIER, G. V.: «Is the Full Potential of Cellular Manufacturing Being Achievied?», *Production and Inventory Management Journal*, vol. 34, n.º 1, 1993.

KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations Management. Strategy and Analysis», Addison Wesley, 1990.

KROEMER, K. H. E.: «Fitting the Workplace to the Human and not Vice Versa», *Industrial Engineering*, vol. 25, n.º 3, 1993.

KROHE, J., Jr.: «What Makes an Office Work?», *Across the Board*, vol. 30, n.º 4, 1993.

LEE, R. J. V.: «Design Considerations of Automated Guided Vehicles in a Cellular Manufacturing Environment», *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 13, n.º 1, 1993.

LUTZ, C. M.; DAVIS, K. R., y TURNER, C. F. III: «Development of Operator Assignment Schedules: A DSS Approach», *Omega*, vol. 22, n.º 1, 1994.

MACHUCA, J. A. D.; DURBÁN, S., y MARTÍN, E.: «El Subsistema Productivo de la Empresa», Pirámide, 1990.

MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; MACHUCA, M. A. D.; RUIZ, A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y los Servicios», McGraw-Hill, 1994.

MEREDITH, J. R.: «The Management of Operations: A Conceptual Emphasis», Wiley, 1992.

MICHEL, P.: «Distribución en Planta», Deusto, 1968.

MURDICK, R. G.; RENDER, B., y RUSSELL, R. S.: «Service Operations Management», Allyn and Bacon, 1990.

MUTHER, R.: «Distribución en Planta», Hispano-Europea, 1981.

RACHAMADUGU, R.: «Assembly Line Design with Incompatible Task Assignements», *Journal of Operations Management*, vol. 10, n.º 4, 1991.

RUSSELL, G. R., y PHILIPOOM, P. R.: «Sequencing Rules and Due Date Setting Procedures in Flow Line Cells with Family Setups», *Journal of Operations Management*, vol. 10, n.º 4, 1994.

SCHONBERGER, R.: «World Class Manufacturing», The Free Press, 1986.

SCHROEDER, R. G.: «Administración de Operaciones», McGraw-Hill, 1992.

SHAFER, S. M., y MEREDITH, J. R.: «An Empirically-Based Simulation Study of Functional Versus Cellular Layouts with Operations Overlapping», *International Journal of Operations Management*, vol. 13, n.º 1, 1993.

STASSUS, S.: «Improvement through Ergonomics», *Professional Safety*, vol. 38, n.º 12, 1993.

SURESH, N. C., y MEREDITH, J. R.: «Coping with the Loss of Pooling Synergy in Cellular Manufacturing Systems», *Management Science*, vol. 40, n.º 4, 1994.

VALLHONRAT, J. M., y COROMINAS, A.: «Localización, Distribución en Planta y Manutención», Marcombo, 1991.



METODOS OPERATIVOS

II.1. COMENTARIOS PREVIOS

Las decisiones que caracterizan el diseño del Subsistema de Operaciones son, como ya sabemos, de tipo estructural y, por tanto, asociadas a un largo plazo de tiempo y a un carácter no repetitivo. Debido a ello, conviene realizar algunos comentarios en relación con algunos de los parámetros y criterios que se emplean en las técnicas de ayuda a la toma de decisiones de la Parte II.

Hay que ser conscientes de que el valor esperado o esperanza matemática no se obtendrá normalmente en la práctica, pues no representa un valor real, sino una media a la que los valores reales irán convergiendo cuando se trate de un gran número de sucesos repetitivos. Sólo esto último garantiza que la ganancia vaya acercándose al valor esperado, lo cual no suele ser el caso de las decisiones abordadas en la Parte II. Otro factor a considerar es que los valores monetarios tienen diferentes valores subjetivos para distintas decisiones; es más, para un mismo decisor, un incremento monetario constante no da lugar a situaciones homogéneas para distintos niveles de riesgo. Ello lleva, cuando es posible, a intentar transformar dichos valores en otras unidades arbitrarias, denominadas de utilidad, a través de una función que las liga y que sería necesario determinar[1], siendo los valores obtenidos más realistas que los monetarios pues incorporan el subjetivismo de la persona que va a tomar la decisión.

El carácter no repetitivo de las decisiones que venimos mencionando hace que no tenga validez el concepto de probabilidad como cociente entre casos favorables y casos posibles o como límite de frecuencias. Por ello, será más correcto emplear las probabilidades subjetivas o «número que cuantifica el concepto de verosimilitud del sujeto decisor», y se basa en su experiencia, en su intuición, en sus sentimientos o en sus conocimientos (Suárez, A., 1993, pág. 124). Este concepto tiene la ventaja de hacer desaparecer la incertidumbre (pues el decisor siempre tendrá una cierta intuición sobre los resultados futuros) y reducirla a un universo aleatorio en el que se pueden aplicar las técnicas estadísticas. Además, la probabilidad subjetiva puede objetivarse incorporando información objetiva por medio del Teorema de Bayes[2].

[1] Para una exposición algo más amplia ver, por ejemplo, Machuca, J.A.D. y otros (1987, págs. 242 a 246) o Durbán S. (1993, págs. 466 a 470.)

[2] Para una ampliación sobre este tema pueden verse, entre otros, Machuca, J.A.D. y otros (1987, pág. 235 y ss.), Durbán S. (1993, pág. 480 y ss.), Suárez A. (1993, pág. 203 y ss.).

El criterio de la esperanza matemática es empleado por decisores de numerosas empresas. Dicho criterio, que se mejora con el empleo de las probabilidades subjetivas y con el uso de utilidades, sigue pues siendo aceptado, aunque debemos ser conscientes de sus limitaciones y restricciones. Un último comentario sobre este tema es que, al comparar alternativas, podemos encontrarnos con que haya alguna(s) que presente(n) un valor esperado no muy distinto del considerado mejor; en ese caso, dado el carácter aleatorio y subjetivo de los valores de muchas de las variables empleadas, un cambio en algún valor monetario o de utilidad o en alguna probabilidad, podría dar lugar a un resultado distinto.

Tras los comentarios anteriores parece obvio que trabajemos en un universo aleatorio y que desechemos los casos de incertidumbre total. Es por ello que no vamos a utilizar la Teoría clásica de la decisión[3] con sus ya conocidos criterios optimista, pesimista (Ward), de optimismo parcial (Hurwicz), de Laplace y de Savage, que determinan de forma subjetiva un resultado único para cada decisión, el cual suele diferir de uno a otro criterio, quedando en manos del decisor la elección del que se va a emplear y trasladándose a ese nivel la subjetividad del problema.

II.2. LAS FUNCIONES DE INGRESOS/COSTES/BENEFICIO Y EL PUNTO MUERTO O DE EQUILIBRIO

La forma más clara de utilizar esta técnica es a través de las denominadas gráficas de punto muerto, PM, que relacionan costes, ingresos y beneficios con volumen de producción. A pesar de sus limitaciones, es un instrumento bastante popular y puede ser de utilidad para determinadas circunstancias. El empleo de esta técnica requiere identificar todos los costes relacionados con la producción objeto de análisis, a los que se subdivide en variables (C_V) y fijos (C_F) según varíen o no con el volumen de producción (X).

Si se supone que el precio, P_V, y el coste variable unitario, C_{vu}, van a permanecer constantes, obtendremos formas lineales para las funciones respectivas. Bajo estas hipótesis, las expresiones de los ingresos (I), costes totales (C_T) y beneficios (B), para una cierta configuración productiva, serían:

Ingresos: $I = P_V \cdot X$

Coste total: $C_T = C_F + C_{vu} \cdot X$

Beneficio: $B = P_V \cdot X - (C_F + C_{vu} \cdot X)$

Si queremos conocer el beneficio que produciría la venta de una cierta producción, no habría más que sustituir dicho valor en la fórmula del beneficio. La representación gráfica de dichas funciones aparece en la Figura II.1 en dos formas alternativas.

En la zona P, en la que $I < C_T$, se obtienen pérdidas, mientras que en la B, debido a que $I > C_T$, se producen beneficios. El denominado **punto muerto**, PM, es precisamente el que separa a ambas zonas y se caracteriza porque los ingresos

[3] Véase, por ejemplo, Machuca, J.A.D., y otros (1990, págs. 122 a 135).

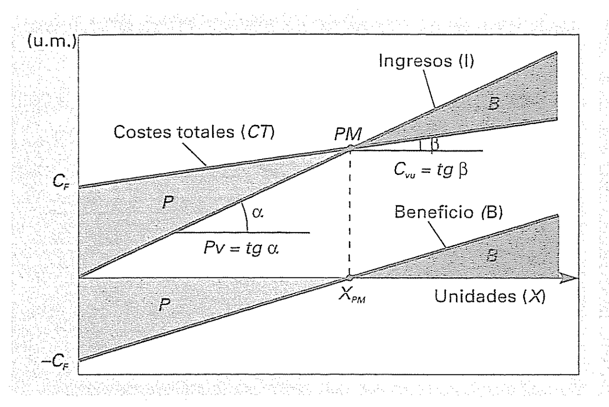


Figura II.1 *a*. Ingresos y costes en función de las unidades producidas.

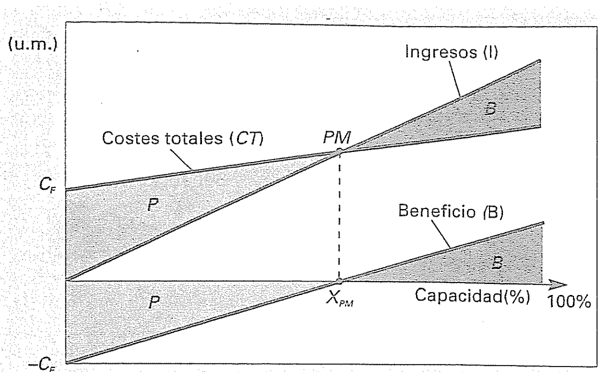


Figura II.1 *b*. Ingresos y costes en función del porcentaje de capacidad utilizada.

cubren exactamente los costes totales, lo cual da lugar a un beneficio nulo, es decir: $P_V \cdot X_{PM} = C_F + C_{vu} \cdot X_{PM}$, de donde:

$$X_{PM} = C_F/(P_V - C_{VU})$$

siendo X_{PM} la producción que hace falta vender para llegar a conseguir el punto muerto. Lógicamente, sólo interesarán niveles de producción vendida por encima de X_{PM}. Si deseamos conocer qué producción (X_{BP}) será necesario vender para obtener un determinado nivel de beneficio preestablecido (BP), tendríamos: $BP = P_V \cdot X_{BP} - C_F - C_{uv} \cdot X_{BP}$, de donde:

$$X_{BP} = (BP + C_F)/(P_V - C_{VU})$$

lo cual se ve gráficamente en la Figura II.2.

Los factores más comunes a considerar cuando se analiza una situación con este tipo de gráficos son:

- La *situación del punto muerto*. Resulta claro que para cubrir sus costes totales, a medida que el *PM* se desplaza a la derecha, la empresa necesita vender cada vez más producción.
- El *incremento unitario de beneficio*, que está representado por la pendiente de dicha función, la cual es proporcional al beneficio a obtener con las ventas.

Si deseamos escoger entre dos alternativas, *A* y *B* (véase Figura II.3), podemos encontrarnos con que una de ellas, la *A*, proporciona un menor *PM*, mientras que la segunda, la *B*, tiene un mayor beneficio unitario. Una actitud conservadora llevaría a escoger la primera, mientras que otra más arriesgada se inclinaría por la segunda.

En realidad, para que una decisión de esta índole sea coherente, debemos hacer intervenir la demanda prevista. Así, si ésta fuese igual a X_I, el beneficio

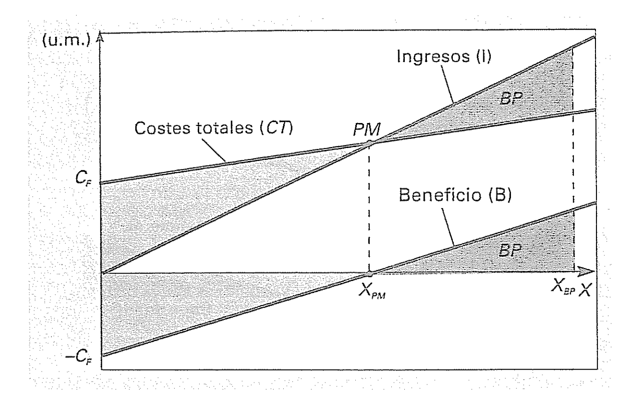


Figura II.2. Producción a vender para obtener un beneficio, *BP*.

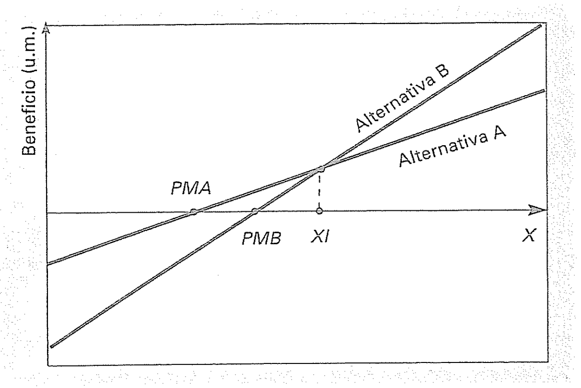


Figura II.3. Comparación de alternativas con gráficas de punto muerto.

obtenido sería el mismo en ambas alternativas y podría parecer indiferente elegir cualquiera de ellas. Sin embargo, como puede deducirse de lo expuesto en diferentes capítulos (véanse, por ejemplo, los 5 y 7), la respuesta no es tan trivial. Así, las distintas configuraciones de costes representan distintas estructuras productivas y distintas implicaciones en cuanto a problemas y expectativas para distintas circunstancias. Por ejemplo, si se prevé que la demanda va a aumentar de forma permanente, la alternativa *B* estaría ofreciendo mejores posibilidades, pues, por una parte, a la derecha de X_I, sus beneficios superan a los de *A* y, por otra, su estructura de costes es indicativa de una mayor capacidad (véase Capítulo 5). Si, por el contrario, se trata de un mercado estancado o en recesión, la elección debería ser la contraria.

El hecho de que la demanda, factor fundamental como hemos visto, no sea conocida con certeza hace conveniente introducir, cuando ello sea posible, el carácter aleatorio de la misma. Una forma de hacerlo sería averiguar las probabilidades correspondientes a los distintos valores de la demanda prevista. A partir de dicha información, y sabiendo que cada nivel de demanda, X_i, lleva unívocamente asociado un cierto valor del beneficio, B_i, podría calcularse la demanda esperada, *XE*, y el beneficio esperado, *BE*, de cada una de las alternativas, tal como se muestra en la Tabla II.1. Un posible criterio sería, en su caso, elegir aquella alternativa que dé mayor valor de *BE*.

Tabla II.1. Cálculo de la demanda y el beneficio esperados

Niveles de demanda (1)	Probabilidad asociada (2)	Beneficio asociado	Demanda y Beneficio esperado
X_0	P_0	B_0	
X_1	P_1	B_1	$XE = \sum_{1}^{n} X_i \cdot P_i$
⋮	⋮	⋮	
X_m	P_m	B_m	
⋮	⋮	⋮	$BE = \sum_{1}^{n} B_i \cdot P_i$
X_n	P_n	B_n	

Del mismo modo, si la demanda se adecuase a alguna distribución aleatoria, podrían aplicarse las fórmulas correspondientes. En el caso de una normal, que implicase una demanda media $\bar{X}$ y una desviación típica σ, podríamos calcular la probabilidad de que el beneficio, *B*, superase un cierto valor mínimo preestablecido, B_{min}, al cual estaría asociado un valor de producción vendida X_{min}. Se escogería aquella alternativa que proporcionase mayor probabilidad de obtenerlo. Dicho valor se calcularía de la siguiente forma:

$$B = P_V \cdot X - CF - C_{vu} \cdot X = (P_V - C_{vu}) \cdot X - CF$$

$$P(B > B_{min}) = P[(P_V - C_{vu}) \cdot X - CF > (P_V - C_{vu}) X_{min} - CF] =$$

$$= \{\text{dado que } P_V, C_{vu} \text{ y } CF \text{ son considerados constantes}\} =$$

$$= P(X > X_{min}) = 1 - P(X \leqslant X_{min})$$

Tipificando la variable X_{min}:

$$P(B > B_{min}) = 1 - P(Z \leqslant Z_{min} = (X_{min} - \bar{X})/\sigma)$$

Dado que conocemos los valores de X_{min}, $\bar{X}$ y σ, se calcularía Z_{min}, a partir de la cual, utilizando la tabla de la distribución normal, obtendríamos $P(Z \leqslant Z_{min})$ y con ella $P(B > B_{min})$.

A la hora de utilizar este tipo de gráfico para la toma de decisiones conviene recordar que hemos estado suponiendo que:

- El precio y el coste variable unitario permanecen constantes independientemente del volumen de producción.
- Los costes fijos no cambian con la producción.
- Podemos separar con claridad los costes fijos y variables.
- Se puede vender lo que se produce.
- Estamos trabajando con un solo producto o, en el límite, con un agregado de unos pocos con similares características en cuanto a costes e ingresos.

A veces es posible reformar las gráficas (y las correspondientes funciones matemáticas) de forma que se aumente el realismo de las hipótesis mencionadas. Así, pueden presentarse diferentes situaciones reales que no hagan aceptable las hipótesis de linealidad, dando lugar a otras tantas formas en las gráficas. Por ejemplo:

- Para que las ventas acompañen al incremento de producción la empresa aplica una disminución de los precios que haría disminuir los ingresos obtenidos (Fig. II.4*a*).
- En la misma situación, la empresa decide no cambiar los precios, sino gastar más en promoción y venta, lo cual haría crecer más rápidamente la función de costes (Fig. II.4*b*).
- En el caso mencionado la firma toma ambas medidas (Fig. II.4*c*).
- En nuestras instalaciones se da un efecto aprendizaje que hace aumentar la eficiencia con la producción, provocando una disminución de los costes (véase Capítulo 5). Asimismo, la saturación del mercado hace necesario bajar los precios a partir de un cierto volumen de producción (Fig. II.4*d*).

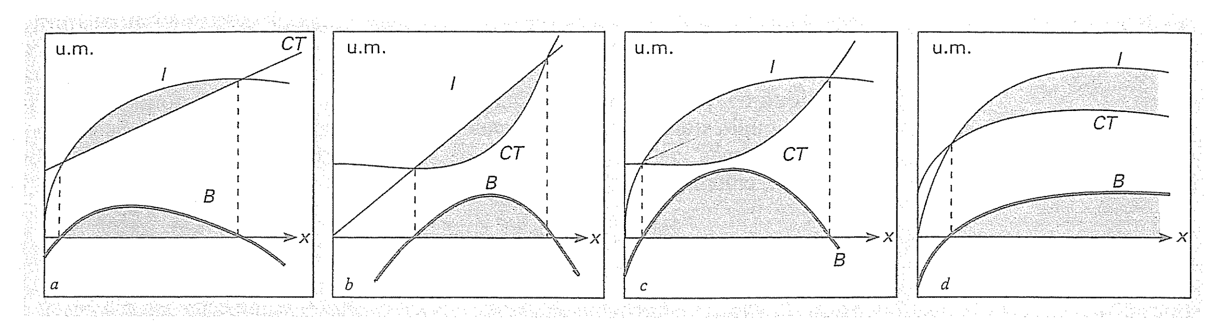


Figura II.4. Distintas posibilidades de no linealidad en los gráficos de punto de muerto.

En la Figura II.4*d* se produce una situación en la que, al igual que ocurría con las funciones lineales, cuanto más se produce y vende más se gana. Sin embargo, esto deja de ser cierto en los casos representados en II.4*a*, II.4*b* y II.4*c*, en los que a partir de un cierto volumen de producción vendida, deja de obtenerse beneficio para empezar a incurrirse en pérdidas. En estos casos, encontrar el nivel de producción más adecuado no es una tarea tan fácil.

Si no se consideran constantes el precio de venta (existencia de una elasticidad precio/demanda) o/y el coste variable unitario (por ejemplo, a causa de un efecto aprendizaje como el mencionado en los Capítulos 5 y 7) y es posible conocer sus respectivas expresiones en función de la demanda, $P_V(X)$ y $C_{vu}(X)$, obtendríamos una expresión cuadrática para representar al beneficio, cuyo punto máximo nos indicaría el valor de la demanda que lo optimiza[4]. La expresión genérica sería:

$$B^o = (P_V(X) - C_{vu}(X)) \times X - CF$$

Hay que tener en cuenta que, aun habiendo eliminado la hipótesis de no linealidad, en muchas ocasiones las gráficas de punto muerto pueden ser una aproximación excesivamente simple, por lo cual habrá que ser cautos en su empleo y ver si la realidad responde a sus hipótesis implícitas. Por ejemplo, cuando la empresa produce diversos productos u ofrece distintos servicios que deben compartir los recursos, el empleo de esta técnica no sería adecuada.

Tampoco es fácil separar claramente todos los costes fijos y variables. Los errores en su medida darían funciones de coste distintas a las reales y, con ello, un punto muerto distinto al real. Un efecto análogo es provocado por el empleo de una función de ingresos derivada de una estimación de la demanda que nunca es conocida con certeza. Ambos factores dan lugar a beneficios unitarios reales distintos de los que estamos utilizando.

Otro factor importante que debe recalcarse es que las gráficas de punto muerto incorporan un único período de tiempo. Así, puede ocurrir que al considerar el total de unidades producidas y vendidas en un período de 7 años obtengamos un resultado favorable del análisis que lleva a aceptar una determinada alternativa. Sin embargo, al agrupar los resultados de dicho espacio de tiempo, estamos agregando períodos más pequeños y, quizás, ocultando problemas insalvables en el corto plazo, que habrían dado lugar a un resultado opuesto si hubiésemos planteado el análisis para uno o dos años. A ello se une el que las estimaciones pierden fiabilidad a medida que aumentamos el horizonte temporal considerado, pues será imposible tener en cuenta todos los factores inesperados que puedan aparecer.

[4] Véase, por ejemplo, en Starr (1989, pág. 227).

De las consideraciones anteriores se deriva que es arriesgado utilizar las gráficas de punto de muerto para decisiones a largo plazo cuando éste implique un distanciamiento insalvable de las hipótesis en que se basa la mencionada técnica.

II.3. LOS ARBOLES DE DECISION

En el contexto en que estamos trabajando nos encontraremos frecuentemente con decisiones denominadas secuenciales, en las cuales una determinada decisión condiciona a las que la siguen y, a su vez, es condicionada por las que la preceden. Asimismo, otro factor influyente es la evolución del entorno económico y social en que se desarrolla la actividad empresarial. Si, en este caso, debemos elegir entre varias alternativas posibles, las distintas secuencias e interdependencias entre decisiones pueden hacer más compleja la comprensión y resolución del problema planteado. Los **árboles de decisión** son un sistema de representación que puede hacer disminuir enormemente las dificultades mencionadas, mostrando la Figura II.5 un ejemplo ilustrativo.

Los pasos a seguir para la utilización de esta técnica serían los siguientes:

a) Determinación del horizonte temporal y construcción del árbol

En nuestro ejemplo hemos supuesto un horizonte de $(m + n)$ años dividido en dos subperíodos (m y n), cuyo significado veremos seguidamente. La primera decisión debe tomarse en el instante inicial (nudo decisional [1]), eligiendo entre dos **alternativas primarias** (1 y 1'). Hecho esto nos encontraremos en un contexto aleatorio que puede dar lugar a varios estados de la naturaleza (diferentes formas que puede presentar el mundo externo e independiente del decisor), que, simplificando, supondremos mutuamente excluyentes y exhaustivos (en nuestro caso las posibilidades que parten de los **nudos aleatorios** (a) y (b)). Al cabo de m años, deberemos tomar una nueva decisión, que será influida, tanto por la decisión anterior como por el estado de la naturaleza que se haya presentado; así, si se elige la alternativa 1 y se presenta el estado 2, nos situaremos en el nudo decisional [3], en el que deberemos elegir entre las alternativas 3 y 3'. Al cabo de n años, en función del estado de la naturaleza que se presente, cada nueva posible decisión nos conduciría a un resultado concreto, con lo cual pasamos a las siguientes fases.

b) Asignación de probabilidades a los distintos estados de la naturaleza

Esta fase será tanto más difícil cuanto más incierto sea el contexto del caso planteado; en cualquier caso, como se indicó anteriormente, trabajaremos en un universo aleatorio, normalmente con probabilidades subjetivas. En el caso de que sea posible y se juzgue conveniente, podrá incorporarse información objetiva al

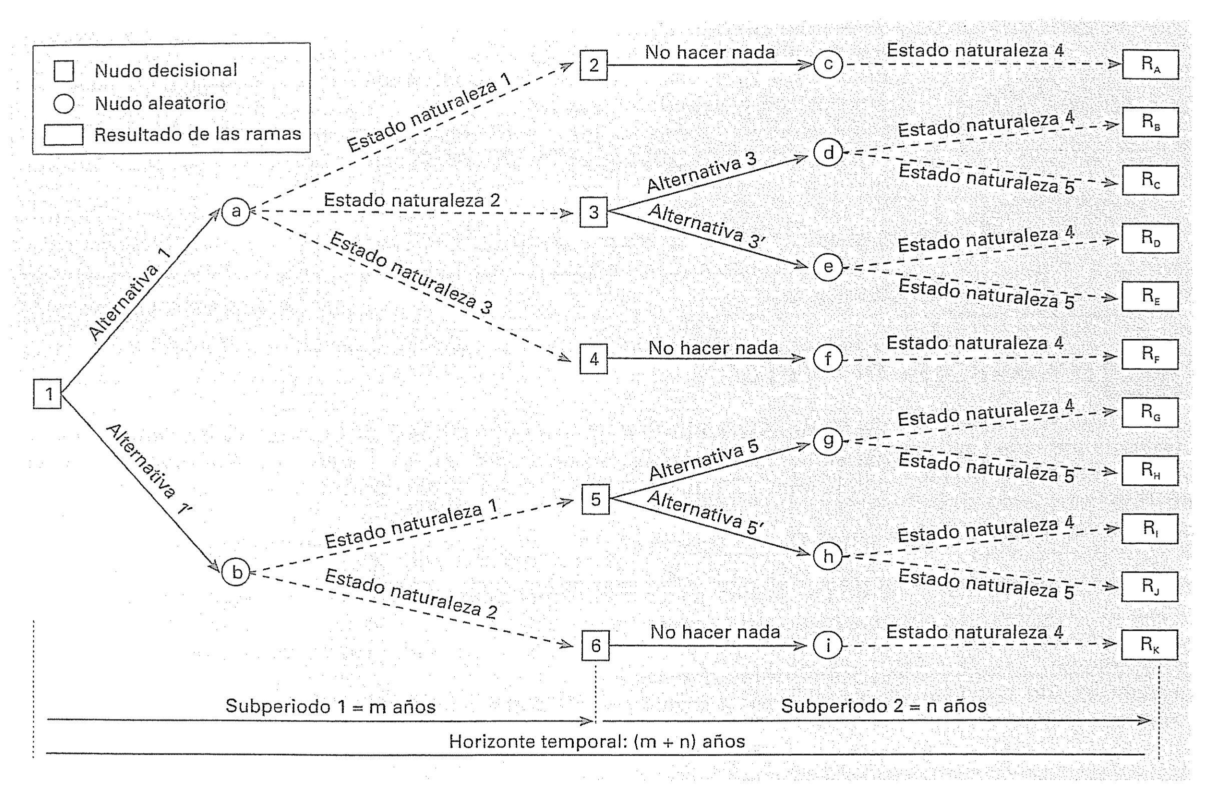


Figura II.5. Ejemplo de árbol de decisión.

cálculo de probabilidades utilizando el Teorema de Bayes. Dado que supondremos, para cada nudo aleatorio, un conjunto de estados de la naturaleza exhaustivos y mutuamente excluyentes, la suma de las probabilidades de las ramas de un nudo concreto deberá ser igual a la unidad.

c) Valoración de las diferentes ramas

Se trata aquí de estimar el valor (monetario o de utilidad) de todas y cada una de las ramas en función de las alternativas que la integran y de las probabilidades ligadas a los distintos estados de la naturaleza. Sea cual sea el criterio de valoración elegido, habrá que tener en cuenta que será necesario referir los valores monetarios al momento inicial mediante una adecuada tasa de actualización; de esa forma llegaremos a los resultados *A* a *K* de nuestro ejemplo.

d) Determinación de la estrategia óptima

Se partirá de la elección de un criterio de valoración, siendo el más usual **la maximización de la esperanza matemática,** bien sea de los **valores monetarios,** bien de la **utilidad** de los resultados. Sea cual sea el criterio empleado, se valorarán las

distintas alternativas en sentido inverso al tiempo, es decir, desde atrás hacia adelante, calculando los denominados **valores de posición** de cada nudo. En el caso de un nudo aleatorio, éstos vendrán dados por el **valor medio esperado,** *VE*, de los resultados de las ramas que salen de cada nudo, R_i, teniendo en cuenta sus respectivas probabilidades, $P(E^x.N.j)$. Así, para el nudo ⓓ de nuestro gráfico, tendríamos: $VE_d = R_B \times P(\text{E.N.4}) + R_C \times P(\text{E.N.5})$.

Por lo que respecta a los nudos decisionales, su valor sería el mejor de entre las diferentes ramas que salen de él, que podrá ser el máximo (por ejemplo: valor capital, beneficio) o el mínimo (por ejemplo: costes). Suponiendo la primera posibilidad, el valor del nudo 3 sería: $VE_3 = \text{Máx}\ (VE_d, VE_e)$.

Los ejemplos que aparecen en la presente sección servirán para aclarar los conceptos aquí expuestos. Sólo nos queda recordar que los árboles de decisión no son más que un medio gráfico para facilitar la toma de decisiones multifásicas en entornos inciertos o aleatorios; si, además, no se interpreta erróneamente el resultado obtenido (véase Apartado II.1), pueden resultar de gran ayuda para el directivo.

II.4. LAS TECNICAS MULTICRITERIO

Cuando se toma una decisión, suelen ser múltiples los posibles criterios a emplear en la evaluación, siendo unos cuantitativos (por ejemplo: valor capital, plazo de recuperación, punto muerto) y otros cualitativos (por ejemplo: grado de reacción de la competencia, riesgo de obsolescencia). Ocurrirá con frecuencia que el resultado obtenido en la evaluación de las distintas alternativas variará con el criterio elegido. ¿Qué hacer ante esta situación? Una solución la brindan las técnicas multicriterio, las cuales son capaces de tener simultáneamente en cuenta tanto los distintos criterios como la distinta importancia relativa de estos últimos para el decisor.

Para comenzar, los resultados obtenidos al hacer una determinada evaluación simple se traducen a una cierta escala de puntuación (la misma para cada criterio; por ejemplo: de 0 a 1, de 0 a 10, etc.). De esta forma, calificamos las distintas alternativas para cada uno de los criterios utilizando tanto información objetiva como subjetiva (piénsese en el profesor que califica los ejercicios de sus alumnos entre 0 y 10). Con estas puntuaciones y las ponderaciones que representan el peso dado por el decisor a cada criterio puede construirse una tabla análoga a la II.2, que aparece en el Ejemplo II.1, donde ilustramos algunas de las técnicas multicriterio.

EJEMPLO II.1. Aplicación de distintas técnicas multicriterios

Partiremos de los datos contenidos en la Tabla II.2, que muestra tres alternativas posibles, A_i, y cuatro criterios, C_i, a tener en cuenta en el proceso de elección.

El método multicriterio más simple es el de **puntuación de factores ponderados.** Consiste simplemente en evaluar cada alternativa sumando las puntuaciones obtenidas con los distintos criterios, ponderándolas previamente con sus respectivos pesos. Así, en nuestro caso, tendríamos, para la alternativa A_1:

$$V_{A1} = 8 \cdot 2{,}4 + 5 \cdot 2{,}5 + 6{,}5 \cdot 3{,}5 + 6 \cdot 1{,}6 = 64$$

y, del mismo modo, $V_{A2} = 69{,}2$ y $V_{A3} = 66{,}5$.

Los resultados obtenidos llevan a ordenar las alternativas en el siguiente orden: *A*2, A3, *A*1.

Tabla II.2. Puntuación de alternativas

Ponde-raciones	Criterios	Alternativas		
		A_1	A_2	A_3
2,4	C_1	8	6	6,5
2,5	C_2	5	7	7,5
3,5	C_3	6,5	7	6
1,6	C_4	6	8	7

A pesar de que este método es el que suele aparecer en los textos de Dirección de Operaciones anglosajones, plantea diversos problemas (Kotler, 1973, pág. 308), como, por ejemplo, el basar el resultado en la multiplicación de datos ordinales (ponderaciones y puntuaciones), empleando de forma errónea la escala de valoración. Esto es evitado por el **método de preferencia jerárquica**, el cual acepta (*A*) o rechaza (*R*) la evaluación de una alternativa respecto a un criterio si supera un nivel mínimo de puntuación exigido por el decisor. Se elige aquella alternativa con mayor número de aceptaciones. La Tabla II.3 muestra los resultados para el caso planteado suponiendo unos ciertos niveles mínimos de aceptación.

Un método aún más correcto es el representado por las **técnicas Electra**, de las cuales describiremos aquí la denominada **Electra I**, auxiliándonos del caso que venimos utilizando. Si consideramos los criterios de forma independiente y comparamos las distintas alternativas dos a dos, podremos dibujar las relaciones de preferencia que aparecen en la Figura II.6, en la que se observa como la «mejor» estrategia varía con el criterio empleado en la evaluación.

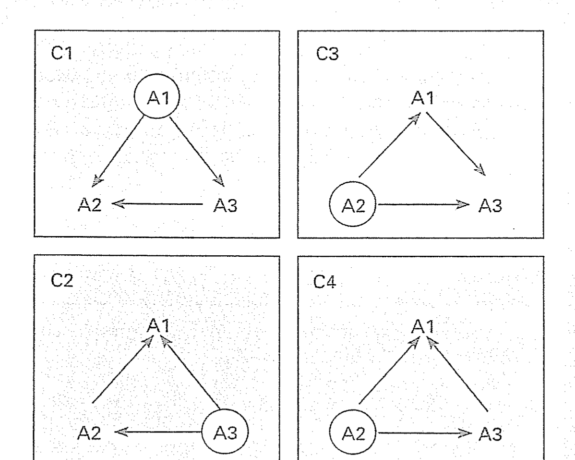


Figura II.6. Gráficos de sobreclasificación individuales.

Tabla II.3. Método de preferencia jerárquica

Criterios	Nivel mínimo de aceptación	A_1	A_2	A_3
C_1	6	8 –Ⓐ	6–Ⓐ	6,5–Ⓐ
C_2	6	5 – R	7–Ⓐ	7,5–Ⓐ
C_3	6,5	6,5–Ⓐ	7–Ⓐ	6 – R
C_4	7,5	6 – R	8–Ⓐ	7 – R

Electra I resuelve el problema sintetizando en un solo gráfico los resultados anteriores, para lo cual utiliza dos instrumentos:

a) **Indicadores de concordancia**, c_{ij}, que expresan la importancia de los criterios para los que la alternativa *i* es mejor (**domina**) a la *j*. Los c_{ij} se determinan sumando los pesos de los criterios para los cuales se da la mencionada dominancia y dividiendo el resultado por la suma total de las ponderaciones. Así, por ejemplo, se observa que la alternativa A2 domina a la A1 en los criterios C2, C3 y C4, con lo que:

$$C_{21} = \frac{2,5 + 3,5 + 1,6}{2,4 + 2,5 + 3,5 + 1,6} = \frac{7,6}{10} = 0,76$$

Procediendo análogamente para el resto, obtendremos la Tabla II.4.

Tabla II.4. Indicadores de concordancia

c_{ij}		A_j		
		I	II	III
A_i	I	×	0,24	0,59
	II	0,76	×	0,51
	III	0,41	0,49	×

b) **Indicadores de discordancia**, d_{ij}, que tienen por objeto tener en cuenta aquellos criterios en los cuales *i* no domina a *j*, midiendo así el desacuerdo sobre la hipótesis de sobreclasificación. Para calcularlos, de los criterios en que *a* no domine a *j*, se escoge la máxima diferencia entre los valores asociados a dichas alternativas, dividiéndose ésta por la amplitud de la escala. Así: $d_{21} = (8 - 6)/10 = 0,2$. Continuando los cálculos se llega a la Tabla II.5.

Tabla II.5. Indicadores de discordancia

d_{ij}		A_j		
		I	II	III
A_i	I	×	0,2	0,25
	II	0,2	×	0,05
	III	0,15	0,1	×

El caso ideal de sobreclasificación sería lógicamente aquél que diese lugar a un $c_{ij} = 1$ y un $d_{ij} = 0$, lo que indicaría que A_i es mejor que A_j en todos los criterios. A medida que c_{ij} va alejándose de 1 y d_{ij} de 0, la sobreclasificación se vuelve más dudosa.

A continuación, partiendo de los valores de c_{ij} y d_{ij} se construye un grafo de sobreclasificación conjunto, de forma que una alternativa A_i dominará a otra A_j sólo si, simultáneamente, $c_{ij} \geqslant$ límite de concordancia (LC) y $d_{ij} \leqslant$ límite de discordancia (LD). Lógicamente, se comienza con un valor de LC lo más cercano posible a 1 y con uno de LD lo más parecido posible a 0, pero teniendo ya en cuenta los valores que han tomado los indicadores. Observando estos últimos comenzaremos con un valor de LC = 0,59 y un valor de LD = 0,25, lo cual da lugar al grafo de la Figura II.7, en la que se observan dos subconjuntos. El primero, denominado **núcleo**, encerrado en línea continua, que agrupa las alternativas no dominadas por ninguna otra; el segundo encierra el resto.

Aunque hemos aislado la alternativa A2, ésta no ha podido ser comparada con la A3. Para intentar conseguirlo daremos nuevos valores a LC (= 0,51) y LD (= 0,25), lo cual nos lleva al grafo de la Figura II.8, que muestra la A2 como la mejor alternativa.

La técnica expuesta mejora bastante las anteriormente mencionadas y no entraña una dificultad excesiva. La técnica Electra II va más lejos aún, pues, en lugar de operar por bipartición en dos subconjuntos, llega a proporcionar una clasificación ordinal de las alternativas enjuiciadas. Sin embargo, su complejidad es muy superior y no vamos a exponerla aquí[5].

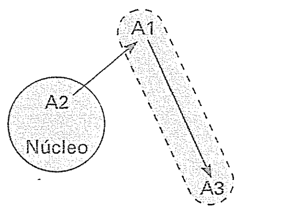


Figura II.7. Grafo de sobreclasificación conjunta.

Figura II.8. Grafo final.

[5] Esta puede verse en Ortigueira, M. (1976) o en Machuca, J. A. D. y otros (1981, pág. 481 y ss.).

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

DURBÁN OLIVA, S.: «Introducción a las finanzas empresariales», Universidad de Sevilla, 1993.
KOTLER, Ph.: «Mercadotecnia Aplicada», Interamericana, 1973.
MACHUCA, J. A. D.; DURBÁN, S., y MARTÍN, E.: «El subsistema comercial de la Empresa», Pirámide, 1981.
MACHUCA, J. A. D.; DURBÁN, S., y MARTÍN, E.: «El subsistema financiero de la Empresa», Pirámide, 1987.
MACHUCA, J. A. D.; DURBÁN, S., y MARTÍN, E.: «El subsistema productivo de la Empresa», Pirámide, 1990.
ORTIGUEIRA, M.: «Aplicación del análisis multicriterio a la selección de inversiones», *Económicas y Empresariales*, 2 enero-abril, 1976.
STARR, M. K.: «Managing Productions and Operations (Capítulo 5)», Prentice Hall, 1989.
SUÁREZ SUÁREZ, A.: «Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa», Pirámide, 1993.

PARTE TERCERA

NUEVOS DESARROLLOS EN EL SUBSISTEMA DE OPERACIONES

CAPITULO 10

LA AUTOMATIZACION INTEGRADA DE LA FABRICACION Y DE LOS SERVICIOS

10.1. INTRODUCCION

Guiadas por la competencia internacional y asistidas por la aplicación de las tecnologías de la información, numerosas empresas manufactureras y de servicios han concentrado sus esfuerzos durante esta década y la anterior en la consecución de la automatización e integración. La primera supone la sustitución de personas por máquinas para la realización de la misma función, mientras que la segunda busca la reducción o eliminación de los puntos intermedios entre las entidades físicas u organizativas. El proceso de automatización no supone ninguna novedad en sí, pues las mejoras en la fabricación basadas en el mismo han acompañado muchas de las más relevantes mejoras de productividad acaecidas desde la Revolución Industrial. Por tanto, el uso de formas y niveles de automatización adecuados es, y ha sido siempre, un aspecto crucial en el diseño de los procesos productivos. La novedad, en este caso, radica en la fusión o integración de ordenadores y máquinas para generar sistemas que no sólo son altamente productivos sino que, además, son flexibles. En la mayoría de las industrias de proceso continuo o repetitivo, la automatización e integración han sido un elemento crítico durante décadas. Sin embargo, en los entornos de fabricación por lotes, lo mismo que en los de generación y prestación de servicios, la preocupación por ambas orientaciones es muy reciente (Hill, 1991, pág. 160).

10.2. LA AUTOMATIZACION DEL SUBSISTEMA DE OPERACIONES: CONCEPTOS BASICOS

10.2.1. La repetibilidad y la automatización

Al decidir sobre las tecnologías a emplear, los directivos no deberían nunca asumir que la mejor decisión es la mayor automatización posible. La automatización supone una gran inversión en activos productivos, lo que conduce al consiguiente incremento de los costes fijos; también puede suponer un aumento de los costes de mantenimiento y una disminución de la flexibilidad de los recursos. Sin embargo, en el caso de que la repetibilidad sea lo suficientemente alta, los beneficios de la automatización sobrepasarán sus inconvenientes. Entre estos beneficios se encuentran la mayor productividad de la mano de obra, una consistente calidad superior, ciclos de fabricación más cortos, aumento de la capacidad,

reducción de los inventarios, mayores ventas y la posibilidad de repartir los costes fijos entre un mayor número de artículos. Los altos volúmenes de fabricación, característicos de las plantas enfocadas hacia productos, incrementan la repetibilidad y hacen que la automatización sea una opción atractiva (véase Apartado 2.3). Cuando se dedica una línea de producción a un determinado producto, los flujos de ésta simplifican la gestión de los materiales, se eliminan los lanzamientos y descienden los costes de mano de obra; hay una menor necesidad de desacoplar las operaciones sucesivas, facilitando la eliminación de inventarios. Los japoneses aluden a estos entornos como de «operaciones solapadas», en los que los materiales se mueven directamente de una operación a la siguiente sin tener que hacer colas o esperar. Por desgracia, los volúmenes de fabricación no son siempre lo suficientemente elevados como para justificar la creación de una línea dedicada a un solo producto. En tales casos, los directivos deberían considerar los beneficios asociados a la repetibilidad, que se podrían alcanzar utilizando la automatización de bajo coste, la Tecnología de Grupos (GT), o la automatización flexible (Krajewski y Ritzman, 1990, pág. 164), las cuales comentamos seguidamente.

10.2.1.1. *La automatización de bajo coste*

Cuando los volúmenes de fabricación no son lo suficientemente elevados como para dar trabajo a varios operarios en una línea, se debería emplear una línea menor que pudiera dar ocupación a uno solo; este operario trabajaría simultáneamente con varias máquinas diferentes con el fin de alcanzar un flujo de proceso lineal. Este concepto se denomina **Un trabajador, múltiples máquinas** (UTMM).

10.2.1.2. *Tecnología de Grupos (GT)*[1]

Una segunda posibilidad de conseguir alta repetibilidad con procesos de bajo volumen la ofrece la **Tecnología de Grupos.** Esta técnica agrupa, en **familias** o en **grupos,** piezas o productos que reúnen características similares, asignando posteriormente grupos de máquinas para la producción de cada una de aquéllas. Las familias se pueden crear en base al tamaño, la forma, las rutas de proceso, etc.; el objetivo es encontrar un conjunto de productos con necesidades de fabricación similares y minimizar el cambio de máquinas o los lanzamientos. El siguiente paso consiste en organizar las máquinas herramientas necesarias para desarrollar los procesos básicos en áreas separadas llamadas **células** (véase Apartado 9.7.1); más que agrupar por su semejanza máquinas similares, lo que se pretende es agrupar aquéllas que permitan crear una pequeña línea de fabricación o de ensamblaje. De esta forma, las máquinas de cada célula requieren tan sólo ajustes menores para adaptarse a las necesidades de los diferentes lotes de cada familia, simplificando considerablemente los cambios de éstas para los productos. Al simplificar también las rutas de fabricación (véase Apartado 4.5), las células basadas en la Tecnología de Grupos reducen el tiempo que cada lote de pedido pasa en el taller; las colas de artículos esperando a ser procesados son disminuidas considerablemente e incluso eliminadas en algunos casos.

La Tecnología de Grupos permite obtener economías en el diseño y en la fabricación. Así, en el diseño de un nuevo producto se puede aprovechar la existencia de semejanzas o elementos comunes con los de otros ya existentes, consiguiendo importantes ventajas en eficiencia, calidad y tiempo necesario para completar el ciclo del diseño. Del mismo modo, al agrupar artículos para su fabricación, pueden configurarse células o centros de trabajo idóneos para la realización de todas las operaciones fabriles requeridas por cada familia de productos, con mínimas pérdidas de tiempo por preparación y cambios de máquinas. Es especialmente apta para entornos productivos de fabricación por lotes, en los que se produce un volumen relativamente pequeño de una variedad relativamente amplia de productos; en dicho contexto no puede justificarse la realización de inversiones cuantiosas en equipos universales, encaminadas a la búsqueda de métodos que permitan obtener reducciones en costes (aunque estos sean infinitesimales en términos unitarios).

Son diversos los factores que han contribuido a la difusión de esta filosofía y cada vez más las empresas que la han implementado, obteniendo ahorros considerables. El Cuadro 10.1 muestra ambos aspectos, junto con las ventajas e inconvenientes de la GT, los cuales habría que considerar antes de tomar una decisión al respecto.

[1] Usaremos el acrónimo GT (Group Technology) en lugar del correspondiente en castellano, TG, por ser esta acepción la más conocida internacionalmente.

Cuadro 10.1. Factores que han influido en la difusión de la Tecnología de Grupos (GT), ahorros vinculados a GT y ventajas e inconvenientes de ésta

Factores que han favorecido la difusión de la GT (Ham e Hitomi, 1981, pág. 517)	**Algunos ahorros obtenidos con la GT** (Bedworth, 1991, pág. 221)
◦ Amplia proliferación del número y la variedad de artículos demandados, que conduce a una reducción del tamaño de los lotes. ◦ Demanda creciente de tolerancias cada vez más estrechas, que lleva a buscar métodos más económicos de alcanzar niveles superiores de precisión. ◦ Necesidad creciente de trabajar con una mayor variedad de materiales diferentes. ◦ Mejoras en la eficiencia de la mano de obra, que hacen que el peso de los costes de los materiales sea cada vez mayor en el conjunto de costes de un producto, lo que lleva a que se busquen formas de reducir las tasas de piezas defectuosas y la generación de residuos.	◦ 50 por 100 en el diseño de nuevas piezas. ◦ 10 por 100 en el número de planos y dibujos. ◦ 60 por 100 en el tiempo dedicado a la ingeniería de proceso. ◦ 20 por 100 en las necesidades de espacio en planta. ◦ 40 por 100 en los inventarios de materias primas. ◦ 60 por 100 en los inventarios de productos en curso. ◦ 70 por 100 en los tiempos de lanzamiento. ◦ 70 por 100 en el tiempo total de proceso.
Ventajas e inconvenientes de la GT (Bedworth, 1991, pág. 226)	
Ventajas: Un buen sistema de clasificación y codificación proporciona a la *Ingeniería de Diseño* un sistema que le permite: ◦ Obtener información sobre piezas similares eficientemente. ◦ Desarrollar una base de datos eficiente que contenga información precisa para el diseño de productos. ◦ Estandarizar los diseños. ◦ Eliminar la duplicación de diseños. ◦ Crear familias de piezas.	◦ Las células de maquinado pueden reducir las existencias de productos en curso, dando lugar a reducciones en las líneas de espera (véase J.A.D. Machuca y otros (1994, Anexo a Parte I) y menores tiempos de proceso. ◦ La utilización de la maquinaria puede verse mejorada. ◦ Los datos sobre las familias de piezas facilitan la mejora de la Distribución en Planta lo cual a su vez reduce los costes de transporte de los materiales. ◦ Se puede obtener una mayor eficiencia en el aprovisionamiento.

- Utilizar una información «privilegiada» que permite la mejora de la productividad.
- Incorporar los cambios de la Ingeniería de Diseño a los sistemas de fabricación.

Un buen sistema de clasificación y codificación proporciona a *Fabricación* un sistema que posibilita:

- El desarrollo de un sistema CAPP (véase Apartado 10.3.3).
- El acceso a los planes de proceso de las familias de piezas.
- El desarrollo de rutinas estandarizadas para las familias de piezas.
- El desarrollo de células de maquinado.

Las rutinas estandarizadas facilitan el desarrollo de grupos de herramientas, de grupos de programas de control numérico (véase Apartado 10.3.1.2) y de lanzamientos estandarizados para las familias de piezas:

- La planificación y el control de la producción pueden ser sensiblemente simplificados.
- La simplificación del proceso de planificación hace que éste sea más sencillo de entender y, por tanto, de seguir y controlar.
- La programación de la producción puede verse sensiblemente simplificada.
- Es posible alcanzar una mayor eficacia en la Gestión de las Operaciones.

Inconvenientes:

- La instalación del sistema de clasificación y codificación consume mucho tiempo y suele ser muy cara.
- Es esencial que exista una excelente comunicación entre las Ingenierías de Diseño y Fabricación. Sin ella, no debe esperarse conseguir importantes beneficios con la adopción de GT.
- La implementación suele resultar muy compleja en cuanto que no existen enfoques estandarizados para ésta ni tampoco unos estándares sobre el propio concepto GT.
- La agrupación de máquinas no siempre trae como consecuencia que todas las de un grupo sean adecuadamente utilizadas, esto es, puede que parte de su capacidad esté ociosa, aun cuando los costes fijos totales para las distintas células sean menores.
- En ocasiones, la redistribución en planta puede ser muy costosa.
- Es posible que los empleados opongan cierta resistencia, en cuanto que la forma y métodos de trabajo cambiarán como consecuencia de la adopción de la GT.
- Es imprescindible contar con un apoyo fuerte y continuado de la Alta Dirección.

Junto a estos beneficios tangibles también se han producido mejoras cualitativas, como la ampliación del espacio del entorno manufacturero, la mejora del ambiente de trabajo, una mejora de la calidad y unos mejores diseños de los productos.

10.2.1.3. *La automatización flexible y las economías de alcance o gama*

La automatización puede ser fija o flexible (también denominada programable). La **automatización fija** es un proceso que configura las líneas de ensamblaje o de fabricación para producir un cierto producto o un componente; los equipos llevan a cabo operaciones simples siguiendo una secuencia fija. Es el tipo de automatización que se suele seleccionar cuando los volúmenes de fabricación son altos, los diseños de los productos son estables y los ciclos de vida de los productos son largos; estas tres condiciones compensan los dos principales *inconvenientes de este tipo de proceso*: la gran inversión inicial y la rigidez relativa del sistema. La inversión es particularmente destacada cuando una única máquina ha de ser capaz de realizar diversas operaciones; como el sistema suele estar diseñado en función de un determinado producto, los cambios en el equipo para acomodarse a otros nuevos resultan muy difíciles y costosos. Entre los aspectos positivos hay que señalar que la automatización fija maximiza la eficiencia y permite conseguir un coste variable unitario muy bajo.

La **automatización flexible** o programable supone otra opción para conseguir la repetibilidad cuando los volúmenes son bajos. Se trata de un proceso automático que puede ser reprogramado para tratar con diferentes productos, lo cual es muy útil tanto en las plantas enfocadas hacia el producto como en las enfocadas hacia el proceso. Si una máquina ha sido asignada a un producto determinado y éste se encuentra en la etapa final de su ciclo de vida, ésta puede ser programada con una nueva secuencia de operaciones de modo que pueda ser utilizada para procesar otro producto. Cuando una máquina está siendo utilizada para elaborar una variedad de pequeños lotes de productos diferentes, los cambios de operaciones son simples: hay un programa para cada producto y el operador se limita a proporcionar las instrucciones apropiadas para cambiar de proceso siempre que sea necesario. Este tipo de automatización rompe las relaciones inversas que tradicionalmente se han dado entre la flexibilidad de los recursos y la intensidad del capital: con la automatización programable, ambos casos son posibles. En esta situación se obtienen las denominadas **economías de alcance o gama** (véase Apartado 7.2), con las cuales, dos prioridades competitivas hasta ahora enfrentadas, costes y flexibilidad, se hacen más compatibles. No obstante, las oportunidades de conseguir estas economías son limitadas. Ha de comenzarse por la identificación de una familia de artículos cuyo volumen colectivo de producción permita la completa utilización del equipo, de forma continuada, a través de numerosos turnos.

10.2.2. Tendencias en la mecanización y automatización

Conforme la fabricación va mecanizándose progresivamente, las empresas pueden aprender de la experiencia de aquéllos que han participado en los cambios de las tecnologías de proceso. Los factores que ejercen una mayor repercusión sobre la decisión de adquirir nuevas tecnologías automatizadas se recogen en el Cuadro 10.2. La estrategia subyacente en la aplicación de nuevas tecnologías por las empresas manufactureras y de servicios es multidimensional, pudiéndose citar entre su motivos, la liberación de los recursos humanos para que realicen tareas que requieran unos conocimientos y destrezas superiores, la eliminación de trabajos desagradables o peligrosos y la mejora de la uniformidad del producto, junto a la reducción de costes y variabilidad. En el Cuadro 10.2 aparecen los objetivos que las empresas españolas manifiestan haber perseguido.

A pesar del enorme potencial que reúnen las nuevas tecnologías de fabricación, las empresas de pequeño y mediano tamaño muestran una cierta aversión a adquirir sistemas integrados de producción automatizada. Las razones de esta aversión radican principalmente en que carecen de recursos financieros suficientes y no pueden exponerse a niveles de riesgo elevados, no disponen del tiempo necesario de los directivos para investigar el potencial de las nuevas tecnologías y les falta la experiencia necesaria para elegir la mejor opción. Por su parte, las empresas grandes también tienen importantes problemas, como, por ejemplo, la aparente incapacidad de la Dirección para apreciar o reconocer el potencial competitivo de las nuevas tecnologías y, en algunos casos, de la imperiosa necesidad de investigar sobre ellas. Existen tres aspectos claves en la adopción de las nuevas tecnologías de procesos:

- Los mejores en automatización creen en el «aprender haciendo» y han desarrollado de forma incremental una base interna propia de experiencia con las nuevas tecnologías (véase Capítulo 2).

Cuadro 10.2. Factores influyentes en la adquisición de nuevas tecnologías y objetivos perseguidos con la misma

Factores influyentes	Objetivos perseguidos por las empresas españolas (Andersen Consulting, 1990)	
	Objetivos	**Importancia atribuida**
∘ Descenso de la productividad. ∘ Incremento de la competencia y competitividad internacional. ∘ Avances tecnológicos continuados. ∘ Cambios en los mercados: — Reducción de los ciclos de vida de los productos. — Incremento de las innovaciones en procesos y productos. — Fragmentación de los mercados. — Nuevos competidores. — Incertidumbre de la demanda. ∘ Cambios en los sistemas productivos: — Simplificación de productos y procesos. — Reducción de los niveles de inventario. — Cambio de la relación entre proveedores y fabricantes. — Utilización de plantas productivas pequeñas.	— Mejora de la calidad del producto. — Reducción de los costes de mano de obra. — Mejora de la calidad del proceso. — Mejora del nivel de servicio de las entregas. — Reducción de los costes indirectos. — Adecuación del producto a las necesidades de los clientes. — Reducción de los costes de materias primas. — Otros.	23,8% 16,7% 14,3% 12,7% 10,3% 10,3% 6,3% 5,6%

- Los proveedores de nuevas tecnologías se quejan de que la mayoría de las empresas no son clientes exigentes: les faltan perspectivas, estratégicas o tácticas, para adquirir la tecnología más adecuada a su caso.
- Los problemas más difíciles en el camino hacia la integración automatizada de las operaciones de una empresa son de tipo organizativo y no técnico. La implantación precisa recursos técnicos, pero también estructuras de renovación adecuadas y nuevas formas de comunicación interdepartamentales.

10.2.3. Actuaciones previas a la automatización

Como requisito previo a la adquisición e implementación de nuevas tecnologías para automatizar las operaciones productivas o de servicios, las empresas han de emprender las siguientes actuaciones (Schonberger y Knod, 1991, págs. 99-105):

A. Simplificación de la tecnología de proceso

La instalación de automatización de alta tecnología en los procesos es costosa (en el diseño, en la compra o fabricación y en el mantenimiento). Este hecho motiva que la primera prioridad deba ser intentar simplificar la existente y procurar eliminar algunos de los costes de la automatización; ello puede ser abordado por medio de cualquiera de las vías siguientes:

- Eliminar la necesidad de un proceso completo.
- Eliminar pasos, elementos u operaciones.
- Agilizar lanzamientos y tiempos de cambios de máquinas.
- Intentar la preautomatización.

B. Preautomatización

Esta debe abordarse en el espacio laboral a fin de facilitar y posibilitar el trabajo de las máquinas, estando directamente relacionada con la **proximidad** y la **precisión**. La primera hace referencia a la ubicación de todas las herramientas y artículos en curso, de tal forma que se encuentren dentro del campo de actuación de la máquina o del robot. Si no fuera posible situarlos en este ámbito, podría usarse alguna cinta transportadora que los acercase; no obstante, es mucho mejor automatizar las distancias cortas por medio de los «brazos» de las máquinas. El capital disponible se utiliza mucho mejor si se emplea para automatizar el proceso en sí mismo y no los pasos que no añaden ningún valor al producto. La precisión, en este contexto, hace referencia a colocar todas las piezas e instrumentos en el sitio correcto, de forma que los «brazos» de las máquinas puedan alcanzarlos sin posibilidad de cometer ningún error.

La preautomatización es vital tanto para la automatización programable como para la fija, pero, no obstante, puede ser cara y peligrosa (por ejemplo: al posibilitar la aparición de nuevas distribuciones en planta puede conducir a cambios en la ubicación de la plantilla en contra de la voluntad de ésta). En cualquier caso, no debe olvidarse que cualquier mejora que se introduzca para facilitar el trabajo de las máquinas debe contribuir también a facilitar el trabajo de las personas; en este sentido, la preautomatización debe estar encaminada a hacer más eficaz la utilización de la mano de obra en términos de costes, lo cual siempre será útil, aun cuando, finalmente, no se llegue a instalar la automatización.

C. Automatización débil

Mediante la misma pueden conseguirse importantes beneficios sin necesidad de realizar grandes inversiones. Se puede optar, por ejemplo, por acoplar a máquinas convencionales intercambiadores automáticos de herramientas, mecanismos de parada y arranque de máquinas, etc. Esta es una buena forma de empezar la automatización, pero, lamentablemente, son pocas las empresas que comienzan por este camino.

10.3. LA AUTOMATIZACION DE LA FABRICACION

Es posible establecer tres categorías de automatización en la fabricación[2]: la automatización de la planta, la de las tareas de ingeniería y la de las tareas de planificación y control. Aunque éstas pueden tener lugar de forma independiente, la coordinación de las tres categorías ayudaría significativamente a la consecución de la automatización integrada de la fabricación, conocida universalmente como CIM (véase Apartado 10.4).

10.3.1. Automatización de la planta productiva

La automatización de las plantas productivas se suele describir en función del hardware tecnológico que se esté utilizando, si bien el software desempeña también un importante papel. Las tecnologías automatizadas más sencillas que pode-

[2] Empresas altamente automatizadas, como Toshiba, por ejemplo, siguen este criterio.

mos encontrar en la planta, conocidas como **componentes directos**, son los *robots industriales*, las *máquinas herramientas de control numérico (NC)*[3] y los *sistemas automáticos para la carga, descarga y transporte de materiales (AS/RS y AGVs)*. Cada vez es más frecuente que estos equipos se utilicen de forma integrada, dando lugar a las *células de fabricación* o a los *sistemas flexibles de fabricación (FMS) y montaje (FAS)*. Pasamos a continuación a describir cada uno de ellos.

10.3.1.1. *Robots industriales*

Se trata de máquinas mecánicas programables, sobre las cuales es posible preconfigurar un conjunto de movimientos para que sean posteriormente repetidos cuantas veces sea necesario; posteriormente se puede reconfigurar para llevar a cabo otros movimientos. Los robots han sustituido a las personas en algunas tareas y actividades muy monótonas y que entrañan cierta peligrosidad, así como en otras que requieren una gran precisión o que deben ejecutarse en espacios extremadamente reducidos, a los que los seres humanos no tienen fácil acceso. Son mecanismos automáticos que, en algunos casos, pueden tomar decisiones, pudiendo ejecutar acciones diferentes sobre objetos distintos. También son capaces de recordar un conjunto de actuaciones posibles y decidir cuál emplear, en función, por ejemplo, de la información suministrada por un sensor del input. Están formados por un «brazo» mecánico, una fuente de energía y un controlador o «cerebro», existiendo diversos tipos, tales como servo-robots, robots con inteligencia artificial, etc[4]. La mayoría de ellos son fijos y descansan sobre el suelo, con un «brazo» que puede llegar hasta los puntos más difíciles. Como se observa en la Figura 10.1, los robots pueden realizar hasta seis movimientos distintos, aunque no todos los que se comercializan tienen necesariamente que estar dotados de estas seis posibilidades. La «mano» del robot es la que hace el trabajo, siendo posible cambiarla en función del que se desee que ejecute. Los usos más frecuentes son los desplazamientos de materiales, soldaduras, pintura con spray, ensamblaje, inspección y prueba. Los robots de segunda generación están equipados con sensores que pueden «tocar» y «ver», por lo que el campo de sus aplicaciones se ha ampliado sensiblemente.

El coste inicial de un robot depende de su tamaño y aplicaciones. Otros costes a tener en cuenta son los relativos a modificaciones que pueden tener que efectuarse en los productos y/o procesos para que se puedan utilizar los robots, acondicionamiento del lugar de trabajo, instalación y limpieza del robot, readiestramiento y formación de los trabajadores, etc. Entre sus beneficios se incluyen un menor desperdicio de materiales, una calidad más consistente y ahorros en los costes de mano de obra. Conforme ha ido aumentando la experiencia en el uso de robots, se ha podido observar que su influencia se extiende más allá de los resultados de las tareas concretas que realizan; ya se ha contrastado, por ejemplo, que pueden simplificarse las especificaciones de las soldaduras porque los robots no suelen equivocarse (Schonberger y Knod, 1991, pág. 108). El Cuadro 10.3 resume algunos beneficios y costes.

[3] Hemos optado por mantener las siglas de los equipos (distintos tipos de máquinas herramientas, sistemas para la manipulación y transporte de materiales, sistemas de fabricación o de ensamblaje flexibles, etc.) en su acepción inglesa, puesto que esta es la forma en que son internacionalmente conocidas.

[4] Para una información exhaustiva sobre los robots y sus tipos puede acudirse a Bedworth y otros (1991, págs. 477-552).

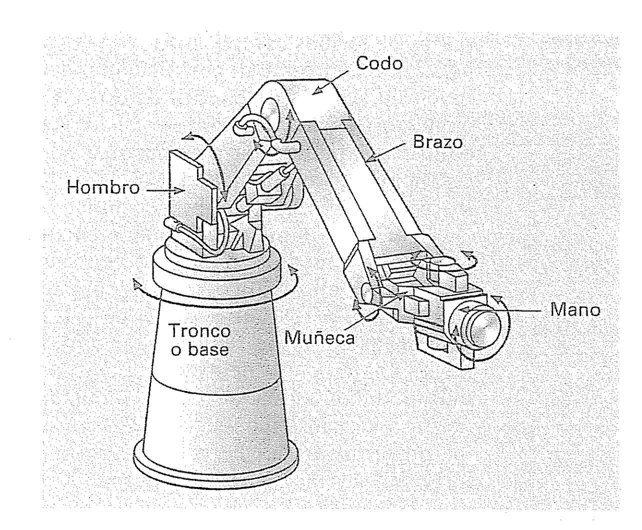


Figura 10.1. Representación esquemática de un robot.

Cuadro 10.3. Costes y beneficios de los robots

Variable considerada	Experiencia observada
Inversión acometida.	Entre 20.000 y 100.000 dólares (según sofisticación).
Plazo de recuperación.	Normalmente no excede de tres años.
ROI (rentabilidad sobre la inverión).	Entre un 12 y un 18 por 100 (excepcionalmente hasta un 40 por 100).
Vida útil.	Entre 15.000 y 20.000 horas de trabajo.
Coste de mantenimiento anual.	10 por 100 del desembolso inicial. Revisión cada 10.000 horas.
Mejores volúmenes de operación.	Entre 50.000 y 500.000 unidades por año.
Tiempo de instalación.	Entre 1 y 5 días (según complejidad).

Para que se mantenga y aumente la inversión en robots tendrían que darse las siguientes condiciones (Hill, 1991, pág. 169):

- Reducción continuada de los precios, lo cual incluye el desarrollo de precios fijos para conjuntos de piezas a ajustar en los alimentadores y cintas transportadoras, permitiendo configuraciones apropiadas para atender nuevas necesidades a bajo coste.
- Mejoras en la capacidad de simulación de los robots, con fácil instalación externa de su programación, de modo que se puedan reprogramar sin interrumpir la actividad que estén desarrollando.
- Abandono del trabajo en sistemas por parte de los proveedores. Lo ideal sería que vendieran los equipos de forma modular para que los clientes pudiesen organizar sus propias aplicaciones sin necesidad de incurrir en los costes adicionales vinculados actualmente a la necesidad de apoyo del sistema.

10.3.1.2. *Máquinas herramientas de control numérico (NC)*

Constituyen la modalidad de automatización flexible más utilizada; son máquinas herramientas programadas para fabricar lotes de pequeño y medio tamaño de

piezas de formas complicadas; los programas de software sustituyen a los especialistas que controlaban convencionalmente los cambios de las máquinas y constituyen un sistema de control de éstas. Están compuestos por una lista de instrucciones que incluye las tareas y sus velocidades, así como algunas variables de control adaptativo para comprobar aspectos tales como temperatura, vibración, condición del material, desgaste de las herramientas, etc., que permiten proceder a los necesarios reajustes (por ejemplo: velocidades, operaciones, etc.)

Este tipo de máquinas puede encontrase de forma aislada, en cuyo caso se habla de un **módulo**, o bien interconectadas entre sí por medio de algún tipo de mecanismo automático para la carga y descarga del trabajo en curso, en cuyo caso se hablaría de una **célula de fabricación**. En ocasiones las máquinas están dispuestas en forma semicircular para que un robot pueda encargarse de manejar los materiales, mientras que en otros la configuración es lineal. Cuando una máquina NC actúa de forma independiente, necesita contar con la presencia de un operario, quien se ocupa de la carga y descarga de las piezas a procesar, los programas y las herramientas. La Figura 10.2 (elaborada a partir de Galiana y otros, 1991, pág. 13) representa un ejemplo de célula robotizada de fresado.

Algunas máquinas NC incluyen «cartucheras» rotatorias con diferentes herramientas. El programa de ordenador puede seleccionar la herramienta a utilizar; de este modo, una máquina puede encargarse de realizar distintas operaciones

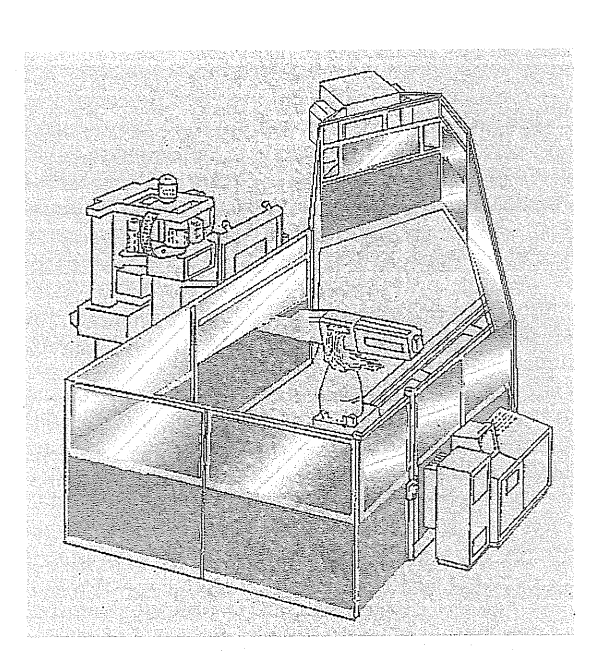


Figura 10.2. Ejemplo de célula de fabricación: célula robotizada de fresado.

que antes habían de hacerse en varias. No sólo se reduce así el tiempo de lanzamiento, sino que también se simplifica el flujo de items en curso por el taller. En otros casos, frente a las máquinas se ubica un carrusel de herramientas, materiales, etc. y aquéllas, sin necesidad de intervención humana, seleccionan con

su «brazo» el instrumento o material que necesitan para desarrollar una determinada tarea (véase Figura 10.3 (Bedworth y otros, 1991, pág. 513)).

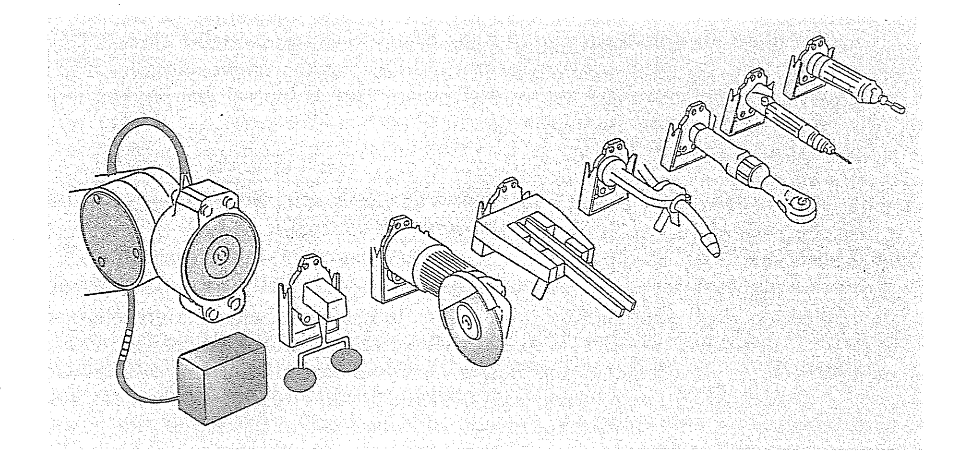


Figura 10.3. Ejemplo de herramientas intercambiables para usar en robots y máquinas-herramientas.

Los expertos creen que, en el futuro, las máquinas NC harán el trabajo de precisión, mientras que los robots se limitarán a la carga, descarga y ensamblaje. En los casos de producción de gran volumen, la automatización rígida, más sencilla y barata, sería suficiente porque, aunque puede haber excepciones, las máquinas NC y los robots son lentos.

Para determinar la conveniencia de estas máquinas en términos de coste habrá que considerar la mano de obra, la disponibilidad de operarios especializados, tipo y grado de precisión requerida, fiabilidad de las máquinas, etc. Algunas empresas que producen una gama de productos estrecha se han dirigido, no obstante, a las máquinas NC porque, aunque el coste de la programación sea alto, una vez hecha ésta, puede ser utilizada posteriormente sin necesidad de volver a programar.

Entre las **ventajas** de estas máquinas pueden citarse las siguientes:

- Incremento de la flexibilidad de la maquinaria, pues se adapta mejor a los cambios en las tareas y en los programas de producción.
- Incremento en la flexibilidad para el cambio, en la medida en que las instrucciones grabadas se pueden modificar cuando sea necesario, con lo que facilitan la adaptación a los cambios introducidos por la Ingeniería de Diseño.
- Reducción en las necesidades de mano de obra y de inventarios, así como de los tiempos de lanzamiento, de suministro interno y de proceso.

En cuanto a sus principales **inconvenientes**, podemos mencionar la frecuencia de errores en la programación, (sólo son observables si la máquina está en funcionamiento), el deterioro (con el uso) de las cintas magnéticas o perforadas en que están grabadas las instrucciones, la sensibilidad del lector de las instrucciones a las averías, etc. Asimismo, debe señalarse que la configuración física de las máquinas no facilita la realización de cambios, así como que, en muchos casos,

los operarios especializados tienen que permanecer al lado de aquéllas para controlar cómo funcionan e introducir los posibles ajustes si fuesen necesarios (Schonberger y Knod, 1991, pág. 110). Aunque, como muchas otras tecnologías, las NC han resuelto menos problemas de lo que se esperaba, puede afirmarse, en general, que la primera generación de estas máquinas ha proporcionado una mayor flexibilidad que las convencionales a las que han sustituido, si bien ésta es mucho menor que la permitida por las máquinas CNC (véase Apartado 10.3.1.3).

10.3.1.3. *Máquinas herramientas de control numérico computerizado (CNC)*

Son el resultado de ubicar un microordenador en cada máquina NC, lo que permite que los programas puedan ser almacenados y desarrollados localmente, eliminando o reduciendo un buen número de los problemas operativos de aquéllas. Las máquinas CNC ofrecen una mayor flexibilidad porque están dotadas de control digital en lugar de circuitos cableados, lo cual permite que se puedan incorporar con facilidad nuevas opciones y se puedan resolver los problemas de hardware de forma más sencilla. Además, el ordenador puede analizar la precisión con que están programadas las piezas a fabricar y si han de reprogramarse antes de poner la máquina en marcha.

Como en el caso de las máquinas NC, algunas de las CNC están conectadas con sistemas de carga y descarga de herramientas. Estas últimas son más rápidas, pues suelen disponer de sistemas para el desarrollo de programas en tiempo real y «on-line», de manera que los operadores pueden llevar a cabo con gran rapidez los cambios de ingeniería. Cuando varias máquinas NC o CNC están controladas por un mismo ordenador central, que distribuye entre éstas los programas de control numérico, se dice que estamos ante **máquinas herramientas de control numérico computerizado distribuido** (DNC). Estos sistemas son necesarios para conseguir la integración última de las piezas a procesar con los planes y programas de producción.

En su conjunto, las máquinas mencionadas en los Apartados 10.3.1.2 y 10.3.1.3 son consideradas, aisladamente, más caras que las convencionales, aunque, si se atiende a la mayor capacidad que presentan, su coste no sería mucho mayor. Existe, además, la posibilidad adicional de reajustarlas con nuevas herramientas y sistemas de control cuando, debido a su uso, comienzan a desgastarse y perder precisión, lo que no suele ser posible con las máquinas convencionales.

Las **ventajas** de las máquinas CNC y DNC pueden ampliarse mediante el uso de **estaciones o centros de trabajo**, los cuales son capaces de desarrollar más de una operación de maquinado diferente. La selección de las herramientas a utilizar se realiza de forma automática, según el programa del componente a procesar, el cual puede moverse, también por medios automáticos, de manera que pueda trabajarse sobre sus distintas superficies. Así, por ejemplo, ya hay máquinas CNC que pueden realizar sus operaciones en 15 ejes diferentes. La mayoría de estas estaciones cuenta con dos mesas de operaciones, lo que permite que se pueda estar procesando una pieza mientras otra se está cargando o descargando. Todas estas características hacen que estos centros presenten unas mayores tasas de utilización de las máquinas y unos menores ciclos de tiempo de proceso. Como, además, las piezas no tienen que seguir rutas entre las diferentes máquinas

herramientas, los inventarios de producción en curso y la manipulación de estas piezas se reducen.

10.3.1.4. *Sistemas automatizados para la manipulación de materiales*

La manipulación de los materiales, que cubre los procesos de movimiento o transporte, empaquetado y almacenamiento, cuesta dinero y no añade valor al producto, razón por la cual la búsqueda de mecanismos para la automatización del flujo de materiales hacia y desde una determinada operación, constituye una importante elección tecnológica, tanto en las empresas industriales como en las de servicios. La automatización de estos procesos depende de la posición estratégica de la empresa, estando plenamente justificada cuando ésta esté orientada al producto y la repetibilidad sea alta. En algunos casos, la repetibilidad podrá ser lograda a pesar de la producción de pequeños volúmenes de artículos diversos a través del empleo de las nuevas tecnologías flexibles de tratamiento y transporte de los materiales. En general, si la empresa no está enfocada al producto, la automatización no será recomendable.

La posibilidad de utilizar estos sistemas fuerza a los responsables del diseño de la distribución en planta a representar claramente el camino de cada artículo a procesar y hace que sea más económico transportar los items en pequeños lotes, dando lugar a reducciones en los tiempos de espera y tiempos muertos. A continuación se describen los más importantes.

A) **Vehículos guiados por ordenador** (AGVs). Se trata de vehículos de pequeño tamaño, alimentados eléctricamente, que no necesitan conductor y que transportan los materiales entre las diferentes operaciones. La mayoría de los modelos sigue un cable instalado bajo el suelo de la planta, aunque también existen rutas «ópticas» y otras alternativas. Pueden ir a cualquier sitio siempre que haya un pasillo a seguir y el suelo sea relativamente liso; las instrucciones sobre el movimiento parten de un ordenador central o de alguno periférico. Su capacidad para moverse cerca de puntos problemáticos, como los cuellos de botella de fabricación o de transporte, ayuda a evitar paradas costosas y, en numerosos casos, impredecibles. Además, estos elementos facilitan el suministro de piezas justo a tiempo, reduciendo la aparición de costosas pilas de existencias a lo largo y ancho de la planta. Algunas empresas fabricantes de coches utilizan estos sistemas como superficies móviles de ensamblaje, especialmente para las cargas pesadas. Los trabajadores los prefieren a las rígidas cintas transportadoras, especialmente porque estos vehículos no abandonan el lugar hasta que las operaciones no se han concluido perfectamente. Las principales **ventajas e inconvenientes** de estos vehículos se resumen en el Cuadro 10.4 (Vester, 1987).

B) **Sistemas automáticos para el almacenamiento y recogida de los materiales** (AS/RSs). Estamos ante un método automatizado para almacenar y recoger piezas y herramientas. Un ordenador controla el sistema, que incluye bandejas, cajas y «pilas». Con ayuda de un vehículo guiado por control remoto, puede recibir y enviar materiales sin necesidad de apoyo humano. La Figura 10.4 representa un equipo AS/RS típico.

Hasta aquí se han descrito los equipos más sencillos que pueden encontrarse en una planta productiva automatizada. Pasamos seguidamente a describir los

sistemas flexibles de fabricación, los cuales están constituidos por combinaciones de los componentes directos anteriormente aludidos.

Cuadro 10.4. Ventajas e inconvenientes de los equipos AGVs

Sistema	Ventajas	Inconvenientes
Con cable	◦ Permanente. ◦ Sin reinstalación frecuente. ◦ Soporta un tráfico continuo y en cualquier entorno. ◦ Libre de interferencias. ◦ Admite casi todo tipo de suelo.	◦ No se puede sustituir fácilmente. ◦ Las reparaciones de los cables suelen ser costosas.
Camino óptico	◦ Permite cambios rápidos sin costes importantes. ◦ Admite casi todo tipo de suelo.	◦ Ha de reajustarse cada cierto tiempo. ◦ El camino se borra cuando el tráfico es intenso. ◦ No se puede usar en ambientes con chips metálicos.
Rayos infrarrojos	◦ Muy preciso.	◦ No puede haber nada en el camino que obstruya el paso del rayo.
Ultrasonidos	◦ Pueden tolerar interferencias ocasionales.	◦ Son muy sensibles a frecuencias externas (por ejemplo, mandos a distancia). ◦ La tecnología está aún en proceso.
Sistemas inerciales	◦ Los más precisos de todos.	◦ Son muy caros, requieren componentes de alta precisión y control informatizado.

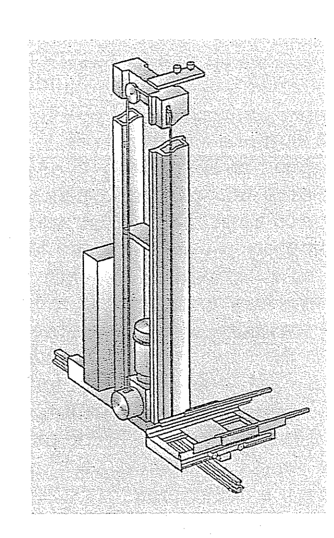


Figura 10.4. Representación esquemática de un equipo AS/RS.

10.3.1.5. *Sistemas flexibles de fabricación (FMS)*

El término FMS ha sido utilizado para etiquetar a una amplia gama de sistemas productivos con diferentes características y capacidades. La definición más simple y acertada de un FMS es la que lo considera como un *sistema, controlado por un ordenador central, que conecta varios centros o estaciones de trabajo informatizados con un sistema automático de manipulación de materiales* (Parrish, 1993, pág. 16). Su funcionamiento es, básicamente, el siguiente: los operarios llevan las materias primas de una familia de artículos hacia las estaciones de carga y descarga de

materiales, donde el FMS comienza su actividad; bajo las instrucciones de un ordenador central, los elementos de transporte comienzan a mover los materiales hacia los diferentes centros de trabajo; en cada uno de ellos, los artículos son desplazados de acuerdo con su particular secuencia de operaciones, estando marcada la **ruta** a seguir por el ordenador central. El objetivo perseguido es la sincronización de las actividades, de forma que se maximice la utilización del sistema. Como las máquinas automáticas pueden ser utilizadas para la ejecución de diversas tareas, es posible cambiar rápidamente sus herramientas, con lo que los tiempos de lanzamiento son muy cortos. Esta flexibilidad posibilita, además, que una operación pueda ser realizada por más de una máquina, dando lugar a la aparición de **células virtuales** (véase Apartado 9.7.1). Gracias a ello, la producción puede continuar aunque algunas máquinas estén paradas por cuestiones de mantenimiento. Cambiando y combinando las rutas a seguir se evitan los embotellamientos. La Figura 10.5 (elaborada a partir de Parrish, 1993, pág. 19) ilustra un entorno FMS.

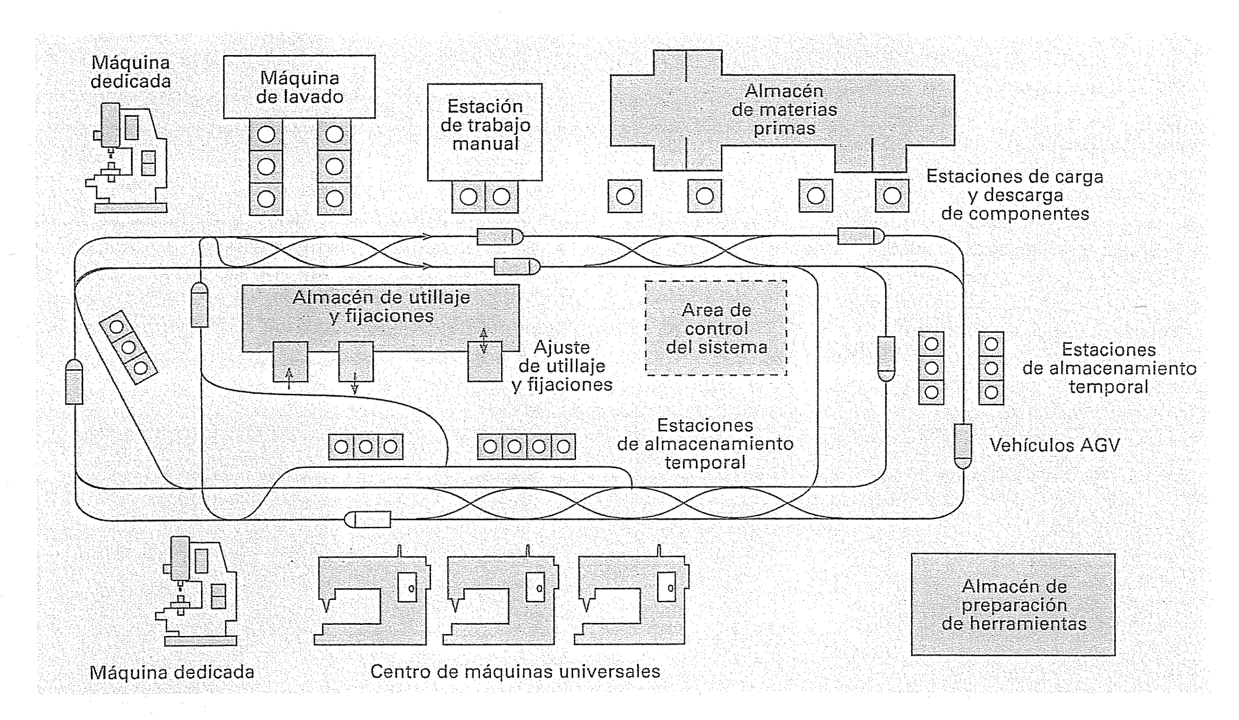


Figura 10.5. Ejemplo de un FMS típico.

Los sistemas FMS hacen posible la fabricación multietapas automatizada de una amplia variedad de piezas, estando diseñados para producir familias de artículos que, si es necesario, pueden ser elaborados de forma simultánea y aleatoria. Son, por tanto, capaces de responder a situaciones en las que se demandan cantidades variables de diferentes piezas, por lo que se suele afirmar que actúan como un puente entre los sistemas «dedicados» (alto volumen y baja

variedad) y los sistemas universales o «multipropósito» (bajo volumen y alta variedad). Ello proporciona parte de la flexibilidad asociada normalmente a las configuraciones intermitentes, junto a algunas de las economías de escala características de los sistemas de flujo continuo (véase Figura 10.6). Esto es, los sistemas FMS proporcionan lo que denominábamos economías de alcance o de gama.

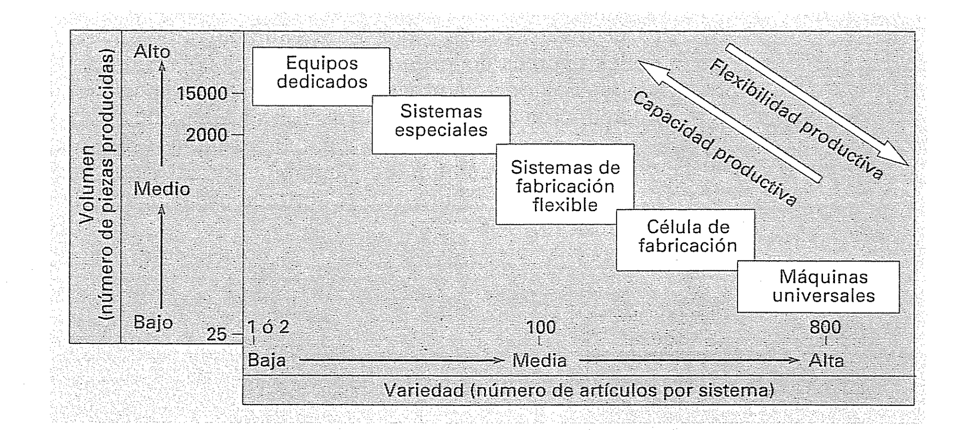


Figura 10.6. Tipos de sistemas manufactureros.

Bajo la denominación genérica FMS existen distintos tipos de sistemas flexibles, representados en la Figura 10.7, en función de la variedad de items que permiten fabricar y del volumen de producción de cada uno de ellos. Estos son: *módulo flexible de fabricación (FMM)*, *célula flexible de fabricación (FMC)*, *grupo flexible de fabricación (FMG)*, *sistema flexible de fabricación (FMS)* y *línea flexible de fabricación (FML)*.

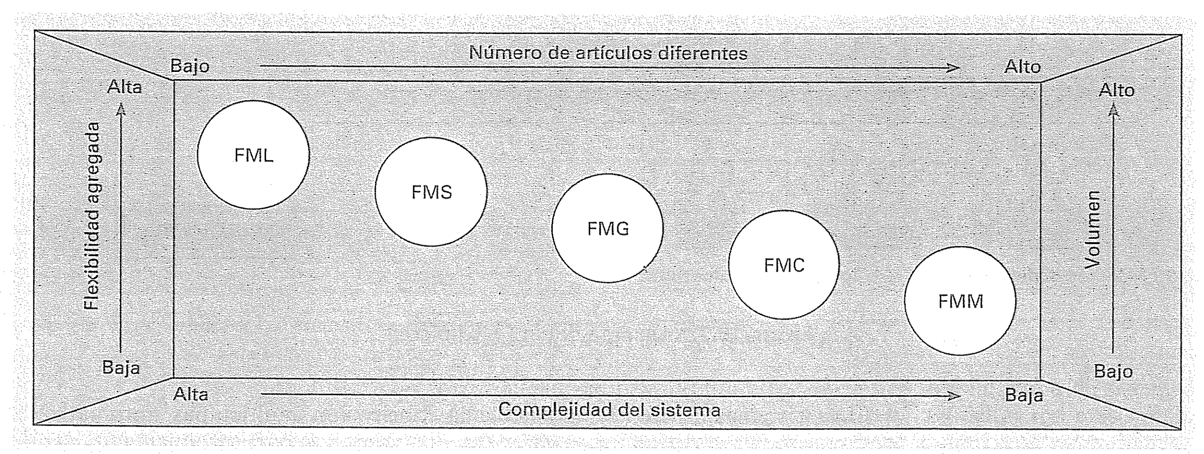


Figura 10.7. Relaciones entre distintos tipos de FMS, volúmenes de fabricación y número de artículos diferentes.

Aunque el primer FMS data de los años 60, sus aplicaciones no se han extendido hasta mediados de la década de los 80. Como en el caso de las

aplicaciones basadas en las máquinas NC, las ventajas inherentes provienen de la unión de diferentes operaciones con posibilidad de un rápido cambio de herramientas y del apoyo de sistemas automatizados de manipulación de piezas. Ello conduce a importantes reducciones en los niveles de inventario y a la disminución de la complejidad y tamaño de la función de control de la producción, lo cual se debe a que una gran parte de las operaciones a desarrollar sobre un producto se llevan a cabo dentro de la célula, antes de que el trabajo en curso sea transferido a la etapa siguiente. Por otra parte, las instalaciones FMS son sistemas caros y complejos, que requieren unos niveles de utilización y una infraestructura fabril adecuados. Dos aspectos que afectan a los niveles de sofisticación de las aplicaciones de estos sistemas son las dificultades que sus fabricantes están afrontando para permanecer a la cabeza de la tecnología y las asociadas a la determinación de las necesidades de los clientes. Como consecuencia, se está produciendo un giro desde los sistemas más complejos hasta versiones más sencillas (Hill, 1991, página 164).

Además de la mencionada flexibilidad, estos sistemas proporcionan otras ventajas, algunas de las cuales aparecen en el Cuadro 10.5 (Dilworth, 1992, pág. 224) junto con los resultados obtenidos en un estudio empírico (Palframan, 1987) sobre los beneficios potenciales derivados de la introducción de dichos sistemas y con las características que debe reunir el entorno de fabricación para que la instalación de los FMS resulte adecuada (Voss, 1989, pág. 137).

Como se deduce en parte del Cuadro 10.5, junto a las anteriores ventajas y beneficios deben también ser consideradas las limitaciones inherentes a estos sistemas (Dilworth, 1992, págs. 224-225). Así, no todas las situaciones en las que se fabrica una variedad intermedia de artículos y un volumen moderado de éstos son aptas para la instalación de un FMS. Es necesario que existan familias de piezas que puedan ser producidas en las mismas máquinas y dentro de los mismos límites de tolerancia; suele ser necesaria la estandarización de los artículos a fabricar, a fin de que puedan ser elaborados correctamente por las máquinas NC. Otra limitación a tener en cuenta está vinculada al hecho de que un sistema FMS suele reemplazar a varias máquinas, que pueden quedarse obsoletas en diferentes momentos; sin embargo, las empresas suelen preferir llevar a cabo una serie de pequeñas inversiones a lo largo del tiempo, para ir sustituyendo poco a poco los equipos «viejos», en lugar de efectuar una gran inversión que sustituya a todos al mismo tiempo. La introducción de un FMS requiere, no obstante, de un largo ciclo de planificación previo y otro de desarrollo a fin de poder asegurar el éxito del sistema; muchos directivos, sin embargo, toman sus decisiones pensando tan sólo en el corto plazo, por lo que la complejidad inherente a la instalación de un FMS queda fuera de sus intereses. A menudo, la mejor opción suele consistir en ir evolucionando poco a poco como sistema: se puede empezar utilizando máquinas CNC que, posteriormente, se conectan mediante un sistema automático para la gestión y el transporte de los materiales y por último, se desarrolla e instala el sistema central regido por el ordenador y el software que se encargará de controlar y dirigir el sistema.

Los beneficios de los sistemas FMS no se obtienen de forma fácil ni asequible. Según datos de 1990, la instalación de una unidad FMS puede costar entre 2 y 50 millones de dólares; no obstante, esta cifra puede llevar a error. Por una parte, porque un sistema FMS puede irse configurando secuencialmente y, por otra, porque esta cantidad puede ser inferior a lo que costaría adquirir la misma capacidad productiva mediante equipos o máquinas convencionales.

Cuadro 10.5. Ventajas, beneficios potenciales y condiciones para la adecuada instalación de los FMS

Algunas ventajas de los FMS

Incremento de la flexibilidad.

Reducción de las necesidades de mano de obra directa debida a la reducción de ajustes y soportes de las tareas manuales de manipulación de materiales y a la automatización del control de las máquinas.

Reducción de la inversión: la utilización de un equipo instalado en un FMS puede ser hasta tres veces superior a la que se consigue con la maquinaria convencional, por lo que son necesarias menos máquinas, lo que, a su vez, supone una menor necesidad de herramientas. También disminuye la inversión en inventario, dado que los materiales se desplazan directamente de máquina a máquina. Todo ello, conjuntamente, promueve una menor necesidad de espacio.

Reducción del tiempo de respuesta: el tiempo de lanzamiento o el de cambio para la preparación de la máquina es relativamente bajo porque muchas de las tareas están automatizadas y se desarrollan siguiendo las instrucciones del ordenador. Como a ello se añade el bajo nivel de inventarios de productos en curso, disminuyen enormemente las causas de formación de colas o de tiempos ociosos o de espera.

Calidad consistente: al eliminar una gran parte de las tareas realizadas manualmente, la variabilidad desciende significativamente y se puede obtener una calidad consistente a lo largo de las operaciones del sistema.

Mejoras en el control del trabajo: cuando hay un menor número de artículos esperando para ser procesados es mucho más sencillo controlarlos. Además, el flujo de trabajo suele monitorizarse desde el ordenador, lo que hace que sea más consistente.

Incremento de las tasas de utilización de la maquinaria.

Beneficios potenciales de los FMS

Conceptos	Método anterior	FMS	Mejora	Rango de mejoras para el conjunto de la muestra
Número máquinas-herramientas	29	9	70 %	60-90 %
Mano de obra directa	70	16	77 %	50-88 %
Eficiencia de máquina	20 %	70 %	50 %	15-90 %
Tiempo de proceso (días)	18,6	4,2	77 %	30-90 %
Número de operaciones	15	8	47 %	
Espacio en planta	1.500 m²	500 m²	66 %	30-80 %
Coste del producto	2.000 $	1.000 $	50 %	25-75 %
Lanzamientos	13	5	50 %	10-75 %

Adecuación de características de fabricación a los FMS

Entornos adecuados	Entornos inadecuados
∘ Estrecha gama de productos. ∘ Mix de productos de la misma familia de componentes. ∘ Entre 10 y 50 componentes, de 5.000 a 30.000 unidades por término medio. ∘ Productos que admitan el rediseño para adaptarse a las condiciones anteriores.	∘ Amplia gama de productos. ∘ Piezas con gran variedad de formas geométricas. ∘ Alto volumen y baja variedad o bajo volumen y alta variedad. ∘ Componentes de gran tamaño. ∘ Ciclo de tiempo de fabricación en máquina muy largo. ∘ Alto riesgo de rotura de herramientas y utillaje.

En comparación con la difusión alcanzada por los sistemas FMS, dedicados principalmente a la fabricación de componentes, son muy pocos los **sistemas flexibles automáticos instalados en plantas de ensamblado o montaje** (FAS). Sus oportunidades de utilización aumentarán si se presta mayor atención a aquellas reglas de diseño de productos relativas a las peculiaridades del montaje y si se desarrollan equipos para el mismo provistos de mejores sensores y servicios

periféricos. La automatización del montaje habrá de tener en cuenta que (Warnecke y Steinhilper, 1989, pág. 170):

- Aproximadamente un 50 por 100 de todos los productos serán inadecuados para la automatización a lo largo de los próximos años debido al limitado número de unidades que se producen. A pesar de ello, los sistemas de montaje de estos productos deberán adaptarse para reunir los nuevos requisitos.
- Aproximadamente un 60 por 100 del trabajo de ensamblado no podrá ser automatizado si no se reestructura el sistema completo, debido a los tiempos de proceso involucrados.
- Habrá que tomar medidas adecuadas para reestructurar las tareas a fin de llegar a una división del trabajo que tenga en cuenta las peculiaridades de personas y máquinas, puesto que hay muchos procesos de ensamblaje que no sería económico automatizar por completo.

Se estima que, en el futuro, esta área estará dominada por los robots industriales (Warnecke y Steinhilper, 1989, pág. 172). Los conceptos vinculados a un FMS suponen un paso hacia la conexión de las actividades productivas, principalmente el movimiento de los materiales y su procesamiento en los centros o estaciones de trabajo, aunque a veces también se suele incluir la inspección. Una integración aún mayor puede conseguirse si se usa un sistema integrado CAD/CAM (véase Apartado 10.3.2.2) para desarrollar la base de datos que contiene la información sobre el diseño y los planes de proceso. El siguiente paso está constituido por lo que se denomina fabricación integrada por ordenador (véase Apartado 10.3.3).

10.3.2. Automatización de la ingeniería

Desde el análisis del diseño inicial de los productos hasta la concepción de los procesos de producción[5], las funciones de ingeniería que preceden y apoyan a la fabricación están siendo automatizadas de forma creciente. En muchos sentidos, esta automatización es muy similar a la de la planta productiva en cuanto a los efectos posibles, pues ambos fenómenos pueden contribuir significativamente a la consecución de mejoras en la productividad y al incremento de los conocimientos y destrezas de los trabajadores. Sin embargo, para muchas empresas, el plazo de recuperación de la inversión y los procedimientos de justificación de ambos tipos de automatización pueden ser muy diferentes, debido, principalmente, a los distintos tipos de economías de escala que proporcionan. Esto hace que, mientras que no suelen aparecer problemas para destinar fondos a la mejora de la ingeniería, suelen presentarse restricciones presupuestarias cuando se trata de adquirir equipos productivos. Los tipos de tecnologías para la automatización de la ingeniería, sea ésta de diseño o de proceso, que presentan una mayor difusión, se describen seguidamente.

10.3.2.1. *Ingeniería automatizada de diseño*

Los nuevos productos y componentes se conciben en un proceso de diseño que se traduce en especificaciones concretas, las cuales permiten alcanzar las característi-

[5] En la literatura especializada, esta concepción puede encontrarse denominada como plan de proceso (véase Capítulo 11).

cas funcionales y estéticas deseadas. El proceso de diseño ha sido tradicionalmente iterativo, mejorándose y refinándose las especificaciones a lo largo de etapas sucesivas de acuerdo con la experiencia del diseñador, cálculos, esquemas, planos, etc. (véase Capítulos 4 y 5). En una primera etapa, los ordenadores se comenzaron a utilizar para automatizar la fase del delineado de los planos. Desde entonces, los sucesivos avances informáticos han ido dando lugar a que los ordenadores pudieran ir ocupándose de más tareas, entre las que ya se encuentran la Ingeniería de Diseño y el Análisis de Ingeniería (sistemas CAD y CAE, respectivamente), que comentamos a continuación.

A) **Diseño asistido por ordenador (CAD).** Se trata de un proceso de diseño informatizado para la creación de nuevos artículos y para la modificación de los ya existentes. El hardware central o configuración física del sistema consiste en una estación de trabajo dotada de un ordenador, elementos para el dibujo y un amplio conjunto de software de diseño que permite al diseñador la manipulación de formas geométricas. La Figura 10.8 representa un sistema CAD.

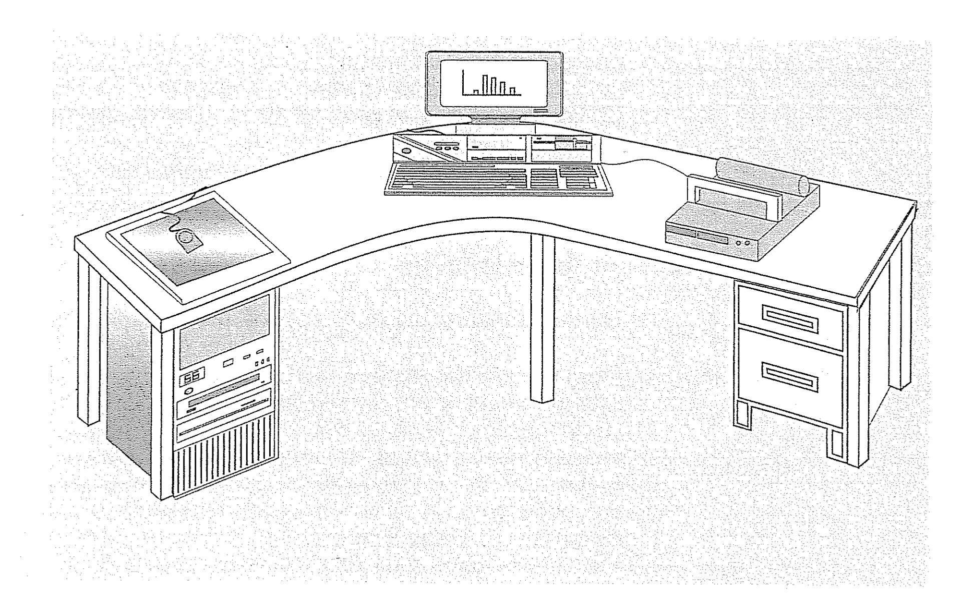


Figura 10.8. Representación esquemática de las estaciones de trabajo para gráficos de un sistema CAD.

El CAD proporciona gráficos interactivos de apoyo al diseño de productos y componentes, herramientas y especificaciones. Un diseñador, con una pantalla de gráficos de alta resolución, puede generar diferentes visiones de los ensamblajes y componentes, obtener gráficos en tres dimensiones, gráficos de corte por secciones, ampliar zonas concretas, rotarlas, etc. Estos diseños gráficos permiten a los ingenieros de fabricación, proveedores y clientes, formarse una idea de cómo va a ser el producto y facilitan, por tanto, la aportación de sugerencias con anterioridad a que el producto se haya fabricado. También contribuyen a que el producto pueda ser rápidamente introducido en el mercado, ayudando, además, a que salgan a la luz problemas que, de otro modo, no aparecerían hasta que el

producto ya estuviese lanzado. Asimismo, es posible simular la reacción de una pieza ante diferentes fuerzas y tensiones.

Utilizando los datos almacenados en la memoria del ordenador, los ingenieros de fabricación y otros usuarios pueden obtener con bastante rapidez planos y listados de las especificaciones de cualquier producto en cualquier momento. Del mismo modo, los analistas de proceso pueden usar el CAD para almacenar, recuperar y clasificar datos de varios items; esta información es útil para formar células de Tecnología de Grupos o para crear familias de productos que conducirán por sí mismas hacia la automatización flexible. El diseño asistido por ordenador también ayuda a reducir las pérdidas de tiempo en que se incurre cuando se quiere diseñar algo que ya está hecho, pues ahora se puede acceder rápidamente a diseños antiguos, modificarlos, etc, en lugar de tener que empezar de la nada cada vez.

Cuando los diseños se han concluido tras el uso del CAD, se pueden almacenar en el ordenador para que los *plotters* (impresoras especiales de gráficos) dibujen los componentes de un producto; esto significa que se puede automatizar el dibujo, que hasta ahora era hecho manualmente. La base de datos de CAD permite que otras funciones tengan acceso a los mismos datos sin necesidad de tanto papeleo; funciones como diseño de herramientas, planificación de la calidad o compras pueden utilizar los datos para desarrollar planes y generar instrucciones detalladas para su posterior envío a las máquinas de control numérico, que se encargarán de producir las piezas, etc. De este modo, la base de datos común puede ser utilizada en la fabricación asistida por ordenador (CAM).

Los *tres tipos de diseño tridimensional* son el **alámbrico**, en el que se definen geométricamente las aristas que forman el contorno del objeto, el **de superficies**, en el que se generan todas las que encierran el objeto (tanto internas como externas) y el **sólido**, en el que se crea el objeto (hueco o macizo) por definición de su contorno y posterior rellenado o partiendo de cubos, esferas, cilindros, etc. (Juan y otros, 1991, pág. 36). Los sistemas de tres dimensiones reportan importantes **ventajas**, las cuales se recogen en el Cuadro 10.6.

Cuadro 10.6. Principales ventajas de los sistemas CAD en tres dimensiones

◦ Mejoran el tiempo de respuesta a las necesidades iniciales y modificaciones de los clientes. ◦ Disminuyen el coste de creación y mantenimiento de dibujos, croquis, planos, etc. ◦ Apoyan el uso de la simplificación y de componentes estándar, siendo una parte muy importante de las iniciativas de análisis de valor.	◦ Eliminan las tareas más pesadas de la delineación. ◦ Facilitan la adherencia al seguimiento de las normas y procedimientos de la organización. ◦ Proporcionan información precisa y de fácil acceso para apoyar necesidades futuras.

B) **Ingeniería asistida por ordenador (CAE).** La modelización de elementos finitos (*finite-element modelling*) es otra tecnología que puede acelerar el ciclo de desarrollo de los productos. Se trata de una técnica de simulación que permite a los ingenieros comprobar ciertas características físicas de un objeto en el ordenador, evitando, de este modo, incurrir en los costes y retrasos de la construcción y prueba de prototipos. El objeto se describe mediante una colección de pequeños elementos finitos que han de unirse. La presión y deformación que caracterizan a cada elemento se describen mediante ecuaciones, cuya solución simultánea sirve

para determinar el comportamiento de la estructura conjunta. El diseño puede ser revisado, siendo posible recalcular el rendimiento de las distintas modificaciones.

Mediante el uso de los sistemas CAE se pueden abordar estudios como los siguientes (Juan y otros, 1991, pág. 42):

- Análisis mecánico y estructural.
- Análisis térmicos y magnéticos.
- Estudios fluidodinámicos.
- Evaluación de mecanismos.
- Análisis cinéticos y dinámicos.
- Simulaciones eléctricas y electrónicas.
- Estudios de llenado de moldes para plásticos.
- Análisis balísticos y estudios de penetración de proyectiles.

El desarrollo del producto ha sido, tradicionalmente, una fase lenta y cara del proceso de diseño. A ello se añade que los ingenieros habían de actuar en condiciones de incertidumbre, con lo que intentaban protegerse sobreespecificando en la modelización, en la construcción de prototipos, en las necesidades de componentes y materiales, etc. Adicionalmente, la introducción de las modificaciones consecutivas ralentizaba aún más el proceso. El empleo del software para el **Análisis de Ingeniería** ha permitido alcanzar importantes reducciones en los costes y tiempos del proceso de diseño, siendo ya posible llevar a cabo simulaciones del tipo «si-entonces» (*if-then*) como parte integral del procedimiento; esta aplicación está relacionada con el estudio de aspectos fundamentales, tales como la forma, los ajustes o la funcionalidad, implicando la valoración de cuestiones como fuerza, presión, peso, volumen de los materiales, etc. (Hill, 1991, pág. 156).

Dada la creciente necesidad de responder con rapidez a los cambios en la demanda, las ventajas más importantes del uso de CAD y CAE están relacionadas con las mejoras en costes y tiempo de respuesta a las necesidades del mercado. De hecho, para numerosas entidades, es este último factor el que puede inducir a la obtención de la mayor ganancia en una época en la que cobra una importancia crítica (véase Capítulo 2). De modo resumido, en el Cuadro 10.7 se recogen algunas de las **ventajas** de la automatización de la Ingeniería de Diseño.

10.3.2.2. *Ingeniería automatizada de fabricación*

Este tipo de automatización tiene su más importante representante en el sistema CAM, o **sistema de fabricación asistida por ordenador**, el cual se emplea, bien para el control directo de los equipos de proceso y/o de transporte y gestión de materiales, bien para apoyar indirectamente las operaciones de fabricación.

Se trata básicamente de sistemas que controlan las operaciones de las máquinas herramientas en el taller. Como ya se ha mencionado, éstas pueden desarrollar varias operaciones, por lo que se les suministran instrucciones desde un ordenador en relación a las que deberán llevar a cabo para obtener los distintos tipos de artículos. Entre los **beneficios** de la aplicación del CAM se encuentran la posibilidad de utilizar casi por completo la mayor fiabilidad de las máquinas frente a la variabilidad humana, la mayor consistencia entre los distintos items fabricados y los ahorros de tiempo provocados por la menor necesidad de tiempo de operarios. Sin embargo, estos beneficios no son gratuitos (Adam y Ebert, 1989, página 153): es necesario que los ingenieros de fabricación creen un entorno adecuado con los equipos y software que gobernarán las operaciones de las máquinas. Su trabajo ha de estar estrechamente unido al desarrollado por los ingenieros de diseño, de forma que se produzca un ajuste entre los procesos fabriles y el diseño de productos y componentes. Además, desde el punto de vista de la fabricación, los equipos y software deben permitir la posibilidad de llevar a cabo series flexibles de producción con un rendimiento fiable, de modo que se puedan cumplir los planes y programas de producción de los diferentes items. Los programas de ordenador pueden almacenarse en la base de datos de fabricación, recuperarlos, cambiarlos, actualizarlos y revisarlos, en función de que se añadan nuevos componentes, se rediseñen los ya existentes y sean reemplazados, etc.

Cuadro 10.7. Ventajas de la automatización de la Ingeniería de Diseño

- **Incremento de la flexibilidad del producto:** los nuevos productos pueden ser diseñados e introducidos en el mercado más rápidamente.
- **Incremento de la flexibilidad en la modificación:** los diseños de productos ya existentes pueden ser fácilmente modificados para adaptarse a las demandas de los consumidores.
- **Mejoras en el acceso a diseños:** los diseños pueden almacenarse y recuperarse mucho más fácilmente sobre el ordenador que sobre el papel.
- **Mejora de la calidad:** el rendimiento y comportamiento de los diseños puede ser evaluado antes de convertirlos en productos, con lo que se pueden introducir los cambios pertinentes para mejorar la calidad. Esto también supone ahorros de tiempo y dinero porque elimina la necesidad de rehacer los productos fallidos.
- **Mejora de la productividad:** con la flexibilidad de la tecnología y su capacidad para el almacenamiento de datos, la productividad de los ingenieros de diseño ha mejorado sustancialmente.

La información que un sistema CAM necesita para ejecutar su cometido ha de ser geométrica y tecnológica (Juan y otros, 1991, pág. 37). La **información geométrica** ha de referirse a las dimensiones y forma de la pieza, la tolerancia y el acabado superficial, las dimensiones de la herramienta, sus desplazamientos, etc. La **información tecnológica** ha de indicar las velocidades características, el material de la pieza, los refrigerantes a emplear, el proceso de selección de la herramienta, etc. Existen distintos tipos de sistemas CAM (Bedworth y otros, 1991, pág. 237), los cuales se describen seguidamente.

A) **CAM indirecto.** Este sistema se encarga, mediante un ordenador, de servir de vínculo entre los equipos y los sistemas de planificación y control de la producción (véase Apartado 10.3.3.). Para ello, por una parte, recaba la información de los centros de trabajo, los cuales la han recogido a través de sus diferentes instrumentos de entrada y lectura de datos (por ejemplo: lectores de códigos de barras, sensores de robots, etc.), procesando (y traduciendo) esta información para reforzar las actividades de planificación y control, pudiéndose responsabilizar de actualizar el estado de inventarios, cálculo de desechos, información varia sobre calidad, etc. Por otra, suministra a estos centros de trabajo las instrucciones (iniciales o revisadas y en el lenguaje adecuado) para que operen.

B) **CAPP (Planificación de procesos asistida por ordenador).** Esta aplicación informática ayuda a determinar los pasos que serán necesarios a lo largo del proceso productivo para fabricar un componente, una vez que éste se ha definido mediante el CAD. Estos programas desarrollan el plan de proceso o las hojas de

rutas que, posteriormente, se habrán de seguir mediante aproximaciones generativas o variantes de una versión inicial. La **aproximación generativa** comienza con las especificaciones de diseño del producto para crear un plan de proceso detallado y completo en el que se indican las actuaciones a desarrollar por las máquinas y el momento en que habrán de desarrollarse. Emplean algoritmos de diseño, un archivo o fichero con las características de las máquinas y una lógica de decisión. Los sistemas expertos, basados en reglas de decisión, están siendo usados en algunas de estas aproximaciones (Bedworth y otros, 1991, pág. 129). La **aproximación variante** utiliza un registro o fichero de planes de procesos estandarizados, de entre los cuales selecciona el mejor plan posible después de revisar el diseño de la pieza. El plan puede ser revisado manualmente si no es completamente adecuado.

C) **CAD/CAM integrados.** El rendimiento de la fabricación puede ser mejorado si, cuando se diseña un determinado artículo, se tienen en cuenta al mismo tiempo las características del correspondiente proceso de producción o sus fases, las capacidades de las máquinas, los cambios de herramientas, las necesidades de ajustes de soporte, las peculiaridades del montaje, etc. Tanto la Ingeniería de Diseño como la de Fabricación se basan en la definición de los componentes tal y como se ha concebido en el diseño; sin embargo, existen algunas diferencias importantes en los enfoques seguidos por cada tipo de ingeniería, por lo que es especialmente importante analizar la información de forma integrada, dado que los productos de éxito deben tener diseños que puedan ser fabricados de forma económica.

Cuando CAD y CAM son combinados en un paquete informático integrado, se alude a ellos con el acrónimo CAD/CAM. Este sistema integrado permite la consecución de un vínculo entre los ordenadores que posibilita que todas las funciones que se pueden desempeñar estén alimentadas por una base de datos común que contiene planos, listas de materiales, hojas de ruta y cualesquiera otros datos necesarios. La Figura 10.9 representa la información que debería contener la base de datos de un sistema CAD/CAM.

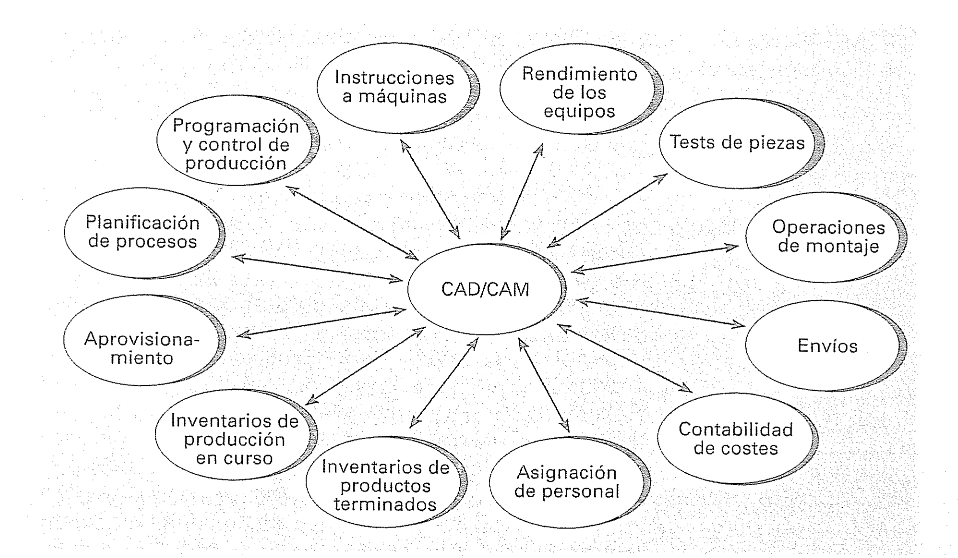


Figura 10.9. Base de datos necesaria para el funcionamiento de un sistema CAD/CAM.

D) **CAM directo.** Este tipo de aplicaciones conecta de forma directa el ordenador y una o varias máquinas, de forma que las señales enviadas por el primero se conviertan en instrucciones para las segundas y sea posible, además, efectuar el seguimiento y control de las actividades desarrolladas. Este sistema puede ser aplicado en diferentes entornos manufactureros, aunque los más conocidos son los de transformados metálicos. Las máquinas CNC pueden almacenar en sus ordenadores las instrucciones pertinentes para la realización de los diferentes items y utilizar esta información para el posterior control de las operaciones. Ya es posible, como se ha mencionado con anterioridad, unir varias máquinas NC a través de un único ordenador (DNC) que, además de suministrar las instrucciones, efectúa la secuenciación de las tareas a realizar en cada máquina. Utilizando esta tecnología, las órdenes del software pueden facilitar rápidos cambios en las operaciones desarrolladas; así, por ejemplo, los intercambiadores automáticos de utillaje pueden realizar hasta 100 cambios de herramientas, siendo los tiempos de preparación de las máquinas bastante más cortos que si se hiciera manualmente. Este tipo de automatización suele reportar mayores ventajas que las facilitadas por la automatización «dura» o «rígida».

Con este sistema, las máquinas herramientas y los robots pueden operar bajo el control directo de sus propios ordenadores, que son capaces de reconocer la información que ellos mismos recogen mediante sensores y lectores ad-hoc y, adicionalmente, recibir las instrucciones de un mainframe que coordina todo el taller. Un programa de ordenador erróneo, sin inspección visual y alguna flexibilidad o discrecionalidad de los operarios de máquinas, puede conllevar que no se produzcan las piezas adecuadas, aunque se esté fabricando eficientemente. Este razonamiento sugiere que la implicación humana no desaparece con la aplicación de CAD/CAM, sino que, por el contrario, puede ampliarse (Adam y Ebert, 1989, pág. 153). El objetivo de un sistema de fabricación integrado será conseguir la total unión entre CAD y CAM en los actuales sistemas CAD/CAM; desde el punto de vista conceptual es deseable que sea la Ingeniería de Diseño la que determine qué máquinas se deberían usar en el taller (Gold, 1989)[6].

10.3.3. Automatización de la planificación y el control de la producción

Esta automatización está estrechamente asociada a los diferentes sistemas informatizados que se dedican a la planificación, programación y control de la producción, de los cuales, MRP II es el exponente más importante. Es conveniente hacer notar que las consideraciones económicas para la inversión en este tipo de automatización están más relacionadas con las existentes en el área de la automatización de las plantas que con las vinculadas a la automatización de la ingeniería. La rentabilidad de una inversión en un sistema MRP II, sólo puede ser calculada a través de su impacto sobre el conjunto de las operaciones de fabricación, tal y como sucede en la mayoría de los casos de la automatización de las plantas. La función integradora de la tecnología es la que proporciona la porción más significativa de beneficios. Un estudio detallado de estos sistemas es abordado en la segunda parte de esta obra, a la cual nos remitimos (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 4, 5 y 8).

[6] El CAM indirecto, a diferencia del directo, actúa como mero nexo de unión o intérprete, sin «tomar decisiones».

10.4. HACIA UNA AUTOMATIZACION INTEGRADA DE LA FABRICACION

En el campo de la manufactura, cuatro importantes tendencias están presionando a favor de que se alcance la mayor integración posible, las cuales son la fabricación Justo a Tiempo (JIT) (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994, Capítulos 6 y 7), el Diseño para la Fabricabilidad (DFM) (véase Capítulo 4), la Función de Despliegue de la Calidad (QFD) (véase Akao, 1990) y la Fabricación Integrada por Ordenador (CIM). Este epígrafe se concentrará en la caracterización de CIM, en cuanto que es la tendencia que más directamente se ve afectada por los avances de las tecnologías de procesos y productos.

10.4.1. El concepto CIM

Cuando se considera la implantación de la automatización de una entidad manufacturera o de servicios puede estarse primando la consecución de diferentes objetivos, como, por ejemplo: la mejora del rendimiento de un determinado proceso, la minimización de costes en un segmento concreto de una operación o la maximización de beneficios. Como es obvio, es altamente improbable que se puedan optimizar simultáneamente todas estas metas. El desplazamiento hacia un entorno CIM ha de tener como objetivo esencial el mantenimiento, cuando no la mejora, de la posición competitiva, problema preocupante para las empresas, en particular, y para la economía de cada país, en general.

Las definiciones del concepto CIM son muy variadas y numerosas, sin que exista, por el momento, una de ellas universalmente aceptada. Ello no ha obstado, sin embargo, para que se haya ido alcanzando gradualmente un cierto consenso sobre este concepto. Para Bedworth y otros (1991, pág. 600), una acepción adecuada es la de *«una filosofía de gestión en la que las funciones de diseño y fabricación se racionalizan y coordinan mediante las tecnologías informática, de comunicación y de información»*. Esta racionalización implica la revisión cuidadosa y detallada de *todo* el sistema productivo, al objeto de conseguir que cada operación y elemento sean diseñados de modo que contribuyan de la forma más eficaz y eficiente al logro de los objetivos de la firma (Mize y Palmer, 1989). La consecución del entorno CIM debe hacerse progresivamente, comenzando por el análisis del procedimiento actual de diseño y fabricación de los artículos de la empresa, con la finalidad de mejorarlos y lograr su integración. Hasta ahora sólo se han podido conseguir integraciones parciales entre CAD y NC, CAD y sistemas de generación de listas de materiales, o CAD con CAE; también se están consiguiendo importantes avances en la integración entre CAD y CAPP. Estas se han dado, hasta ahora y por lo general, dentro de los límites de algún departamento empresarial. El intercambio de información entre departamentos y sus sistemas informáticos se ha venido organizando de modo convencional (dibujos, listas de materiales, planes de trabajo, etc.) y se han ido produciendo con la ayuda del ordenador y trasladados manualmente a los lugares en los que han hecho falta. La Figura 10.10 (adaptada de Bedworth y otros, 1991, pág. 11) proporciona una buena muestra del alcance y la complejidad de un sistema CIM y contribuye a describir la dificultad de lograr la integración perseguida y la limitada difusión de estas implantaciones.

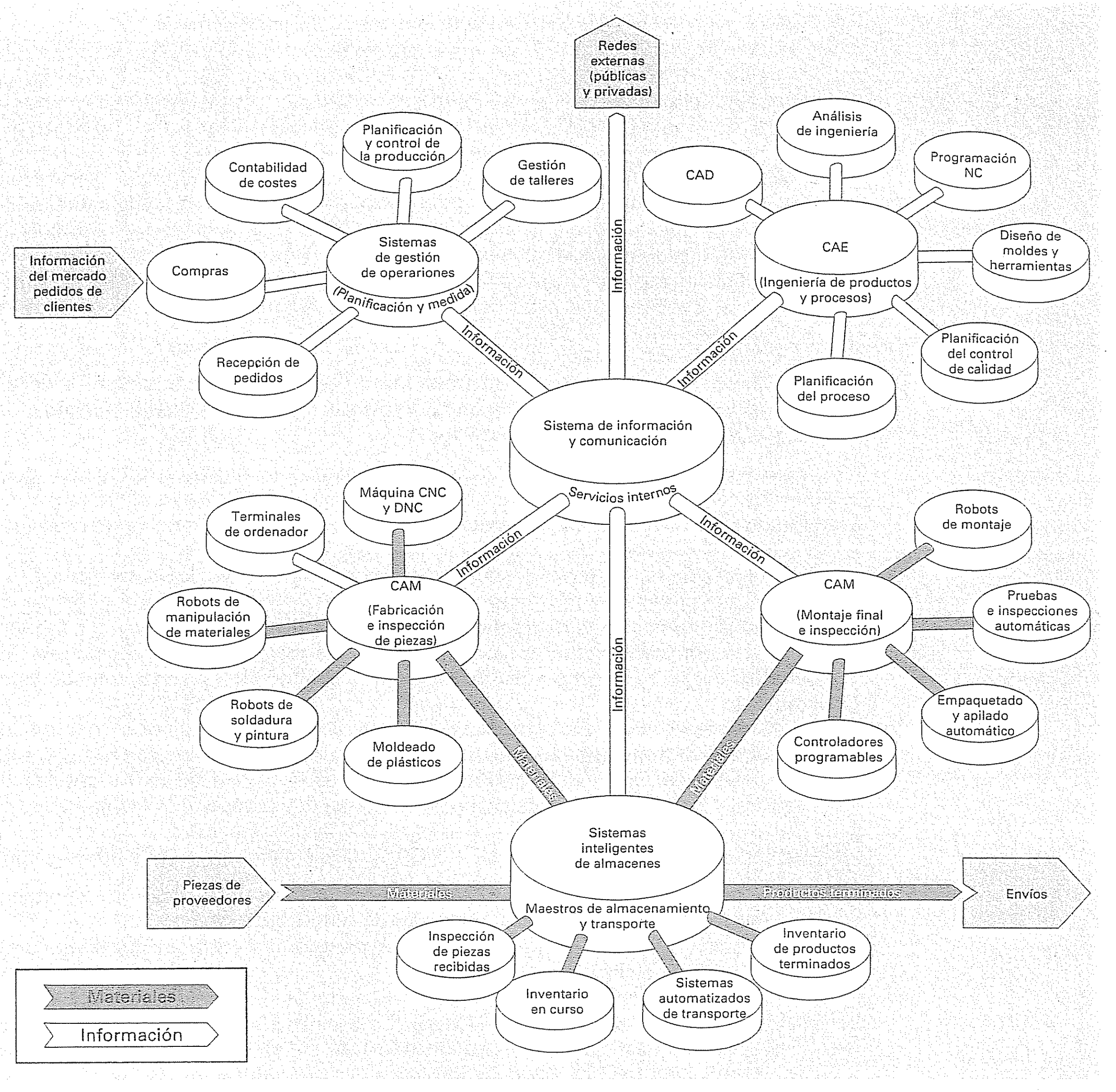


Figura 10.10. La estructura de CIM.

Dentro de cualquier *entidad manufacturera automatizada* podrían distinguirse cuatro componentes principales:

- *Ingeniería automatizada de diseño.* En esta área se incluyen CAD, programación para máquinas NC, diseño de herramientas, ajustes o fijaciones y moldes, planificación del control de calidad y planificación del proceso

productivo. Esta última función es el elemento cohesionador entre CAD y CAM y recibe el nombre CAPP cuando está automatizada.

- *Gestión de las Operaciones.* Esta área gobierna la adquisición de materiales, buscando la eficiencia en costes, por lo que debe incluirse un módulo de contabilidad de costes. Es necesario asimismo que se incluya un módulo para la planificación y control de la producción a medio y corto plazo y otro para la gestión de talleres. El primero se requiere para asegurar una asignación eficiente de las rutas, que permita alcanzar el mejor aprovechamiento posible de la capacidad del sistema, por una parte, y la satisfacción del cliente, por otra. El segundo es necesario para vigilar y controlar la existencia puntual de capacidad disponible en los distintos equipos de los talleres y para permitir que se sigan las secuencias de fabricación estipuladas en el programa de producción. Estos dos módulos pueden ser sustituidos por un módulo MRP II.
- *Fabricación asistida por ordenador, CAM.* Esta área se encargará, por una parte, de la fabricación e inspección de las piezas o componentes de los artículos y, por otra, del montaje e inspección de los artículos terminados.
- *Sistema inteligente de almacenes.*

Por último, para conseguir la **integración** de estos cuatro componentes, debe contarse con un *sistema de información y comunicación.* El estudio de la implantación de CIM ha de abordarse siguiendo un enfoque sistémico, en el que cada área o subsistema se considere en sí mismo y en relación con el sistema en su conjunto. La integración de los datos es uno de los talones de Aquiles de los sistemas CIM, por lo que, para facilitar y agilizar el proceso, suele comenzarse con el diseño de una red de información que soporte los datos de diseño, planificación y fabricación. Resulta conveniente diseñar e instalar una estructura jerárquica entre los distintos tipos de ordenadores del sistema y el flujo de información que éstos gestionan.

Así pues, la filosofía subyacente en CIM es actuar como puente entre los distintos departamentos por medio del ordenador, conectando hardware y software y uniendo las islas informáticas de la empresa. CIM no es un sistema de software, sino una variedad de elementos individuales diseñados de forma específica para que se puedan conectar los sistemas ya instalados. Entre estos elementos, además de los básicos, como FMS y CAD/CAM, se incluyen (Lay, 1990, pág. 136):

- Conexiones entre sistemas CAD y sistemas de programación de máquinas herramientas CNC para el intercambio de datos geométricos.
- Conexiones para el intercambio de datos geométricos entre los sistemas de diseño y de cálculo.
- Vínculos para la transferencia entre sistemas CAD y de planificación de necesidades de materiales (MRP), bien para generar listas de materiales, bien para utilizar piezas cuyos datos están almacenados en un sistema informático de control de inventarios del proceso de diseño.
- Vínculos entre los sistemas de recogida de datos del taller y los sistemas de planificación de recursos de fabricación (MRP II).
- Sistemas DNC que han de vincularse con máquinas herramientas CNC y sistemas de programación y gestión de programas.

Todas estas conexiones persiguen:

- Crear un flujo de información digital ininterrumpida entre todos los departamentos técnicos y administrativos de la planta que estén informatizados.

Cuadro 10.8. El alcance de CIM

	Empresa		Fabricación				Diseño		
	Gestión de recursos	Contabilidad y finanzas	Planificación producción	Planificación piezas	Control producción	Procesado de piezas	Preparación de documentos	Pruebas	Síntesis y análisis
Industria	— Análisis de tendencia (AT). — Disponibilidades. — Indicadores económicos.		— Planificación de capacidad (PC). — Planificación entregas (PE). — I+D.	— Base de datos de tecnología de fabricación (BDTF). — I+D.		— I+D. — Inspección.	— Estándares de diseño (ED) y conexión con CAD. — Base de datos de piezas (BDP).		— ED.
Organización	— AT. — Planificación de la planta (PP). — Planificación estratégica: • Fusiones, adquisiciones. • Cartera de productos. • Niveles de producción. — Gestión de datos (GD).	— Proyecciones. — Simulación.	— Programación. — PP. — MRP. — I+D.	— BDTF. — I+D. — GT. — Diseño y codificación de herramientas y utillaje (DCHU).	— Gestión datos.	— I+D. — Inspección.	— BDP. — LM. — Clasificación piezas (CP)/GT. — GD.	— *BDP.* — *BD* Informes de campo. — CAE.	— CAE. — Análisis fabricabilidad (AF). — ED.
Planta o taller	— Distribución en Planta (DP). — Inventarios. — Programación. — Utilización de la mano de obra (UMO). — Fabricar/comprar (F/C). — GD.	— Cálculo de costes. — Facturación a clientes. — Recepción de pedidos. — Contabilidad financiera. — F/C/EOQ. — Justificación de inversiones.	— MRP. — Listas de Materiales (LM). — Estándares de tiempo (ET). — Programación. — F/C. — PP. — PC. — DP. — UMO. — Secuenciación/GT.	— BDTF. — CAPP. — Obtención del plan/GT. — I+D. — Programa para cada pieza. — Estimación de los costes.	— Inventario. — Rutas/Programación. — Gestión de materiales (GM). — Control de calidad (QC). — Mantenimiento. — Compras/Recepción. — GD. — Métodos estándar (ME).	— I+D. — Inspección y pruebas.	— BDP. — CAD. — LM. — CP/GT. — DCHU. — GD.	— CAE. — Inspección y pruebas.	— CAE. — Análisis de diseño. — Modelización del sistema. — AF. — Lectura de diseños (LD)/GT. — ED.
Célula	— Secuenciación de tareas. — Inventarios. — GD.	— Costes de las tareas. — Recogida de datos económicos.	— Equilibrado de líneas. — Carga de máquinas.	— BDTF. — CAPP. — Programación piezas. — Verificación NC.	— GM. — Rutas/secuenciación. — QC. — Inspección. — ME. — Inventarios. — GD.	— Montaje automático. — Control adaptativo (CA). — Robots. — Recogida de datos (RD).	— Instrucciones de proceso (IP).	— Adquisición datos (AD).	— LD/GT. — ED.
Centro de trabajo		— Recogida de datos económicos.		— CAPP.	— Mantenimiento y diagnóstico.	— NC, DNC, CNC. — CA. — Inspección automática. — Sensores. — Diagnósticos. — RD.	— Instrucción de proceso	— *AD.*	

- Evitar la redundancia en la programación y recogida de datos en las memorias de los ordenadores de los diferentes departamentos.
- Conseguir una base de datos exacta, común para los distintos usuarios.

Las funciones que el sistema CIM puede desarrollar son prácticamente ilimitadas, por lo que la consideración de todas ellas excedería con mucho los objetivos perseguidos por este manual. No obstante, algunas de las funciones más importantes se han recogido en el Cuadro 10.8 (elaborado a partir de Bedworth y otros, 1991, págs., 14-15).

La consecución de la integración entre los diferentes sistemas informáticos instalados en la empresa aporta beneficios económicos que pueden contribuir a la mejora de la competitividad de las entidades manufactureras, incluso de aquéllas con altos costes salariales. Algunos de ellos se recogen en el Cuadro 10.9 (elaborado a partir de Bedworth, 1991, pág. 601). Estos beneficios se derivan de aspectos tales como:

- Reducción de los tiempos de programación y de la posibilidad de cometer errores en la misma gracias a la conexión de CAD y CAPP con máquinas herramientas NC.
- Disminución de los tiempos de proceso utilizando las definiciones geométricas de las piezas incluidas en los sistemas CAD.
- Mayor rapidez y fiabilidad de las comunicaciones entre el personal de la organización y las consiguientes mejoras en la calidad de los productos y tiempos de suministro.

Cuadro 10.9. Beneficios potenciales de CIM

◦ Mejora del servicio a clientes. ◦ Mejora de la calidad. ◦ Menor tiempo de proceso. ◦ Menor tiempo de entrega de proveedores. ◦ Menor tiempo de entrega a clientes. ◦ Mejora en el rendimiento de los programas.	◦ Menor tiempo en la introducción en el mercado de nuevos productos. ◦ Superior flexibilidad y capacidad de respuesta. ◦ Mejora en la productividad. ◦ Reducción de la producción en curso. ◦ Reducción de los niveles de inventarios.

10.4.2. El reto de la integración técnica en CIM

El diseño y puesta en marcha de un sistema de información que vincule a generadores, procesadores y usuarios de información, atendiendo a las diferentes necesidades y actuando, además, como nexo de unión entre los distintos equipos de hardware y software, es un proceso largo, difícil y costoso. La integración de todo el hardware y software que opera en una empresa plantea numerosos retos; por una parte, está la dificultad técnica y, por otra, todavía queda mucho por hacer para integrar la planificación y coordinación de las actividades de las diversas máquinas que llevan a cabo una amplia variedad de trabajos distintos. Muchas decisiones serán tan complejas que necesitarán el apoyo humano, lo cual puede provocar problemas en la medida en que la velocidad de las máquinas es mayor que la del análisis humano; la **Inteligencia Artificial** puede desempeñar en estos casos un importante papel.

La Inteligencia Artificial (IA) es una rama de la ciencia de la computación que intenta emular los métodos humanos inteligentes, proveyendo a los ordenadores de la capacidad de entender el lenguaje y la resolución de problemas que necesitan del razonamiento y del aprendizaje. Para acercarse a ello, los sistemas de IA utilizan símbolos (no sólo números) y algoritmos; reglas, redes, gráficos y otras estructuras de datos sirven para mostrar las relaciones que existen entre los símbolos que representan objetos, personas, sucesos y sus características (Dilworth, 1992, pág. 229). Estos sistemas pueden hacer hipótesis de partida y simular el razonamiento inductivo comparando datos incompletos con modelos ideales. Lo más importante de la IA es que puede ayudar en situaciones donde no existe un experto humano disponible.

La IA es asimismo especialmente interesante en lo que se refiere a su capacidad para el pensamiento ordenado. En general, los ordenadores procesan los datos y hacen cálculos matemáticos mucho más rápidamente que nuestro cerebro, sin cansarse cuando hay que hacer tareas repetitivas. Por ello, cuando se programan bien, pueden ser tan eficaces como las personas, aunque ése no será el caso cuando el desarrollo de las tareas requiera una cierta creatividad o haya que desarrollar intuiciones o ideas nuevas. Su habilidad para trabajar con conjuntos de datos incompletos hacen a los sistemas de Inteligencia Artificial más flexibles que la programación convencional; por ello, los sistemas de control que emplea la IA serán más convenientes en aquellas situaciones que demandan una cierta flexibilidad. Es esta característica la que ha hecho que los expertos la consideren como la tecnología que permitirá, en el futuro, la consecución de la total integración técnica en CIM (Bedworth y otros, 1991, pág. 602). El campo general de la Inteligencia Artificial se puede desglosar en seis áreas: sistemas expertos, desarrollo de software, proceso del lenguaje natural, control de robots, reconocimiento del lenguaje oral y visión automática. También se está desarrollando un importante esfuerzo encaminado al desarrollo de sistemas de procesado del lenguaje natural, de forma que el software de IA y las aplicaciones informáticas ordinarias puedan ser más fácilmente accesibles para el usuario final.

10.4.2.1. *Sistemas expertos*

En una definición sucinta se podrían caracterizar como programas de ordenador diseñados para facilitar al usuario el conocimiento de expertos en áreas concretas, pudiendo ser empleados para ayudar en la toma de decisiones. La esencia de un sistema experto es un motor de inferencia y una base de conocimientos. Suele haber un interface para el lenguaje natural que permite al individuo comunicarse con la máquina. La base de conocimientos del sistema suele consistir en conocimiento convencional y reglas del tipo «si-entonces» (*if-then*) que determinan cómo se relacionan unos datos con otros y las posibles soluciones. Estas reglas de inferencia se extraen del razonamiento que caracteriza a los expertos de distintos campos en el proceso de toma de decisiones y resolución de problemas (véase Castillo y Alvarez, 1989).

Los sistemas expertos (S.E.) se muestran como una gran promesa en el campo de los preprocesadores de equipos y procesos convencionales como, por ejemplo, para el equilibrado de líneas. La optimización automática de los programas es normalmente poco práctica por el gran número de cambios necesarios en cualquier problema de tamaño importante. El S.E. puede ofrecer un conjunto de opciones recomendables y pasarlas al programa convencional, que selecciona la mejor para su conjunto de posibilidades.

Ollero (1989) presenta una revisión técnica de la aplicación de los sistemas expertos a la supervisión y control de procesos; los S.E. que se están desarro-

llando para este nivel contemplan funciones tales como (Larrañeta y otros, 1991, página 105): la *supervisión* (que incluye la monitorización de los diferentes controladores ubicados en los equipos y máquinas más sencillos, incorporando la estimación de parámetros y la selección de actuaciones a emprender), la *ayuda y aprendizaje*, encaminados a facilitar la toma de decisiones de los operadores, y el *diagnóstico automático*, que, a partir del seguimiento de las señales del sistema, propone a estos últimos las causas de las posibles desviaciones detectadas.

10.4.2.2. *Inteligencia Artificial en la fabricación*

Tanto las actividades directas de fabricación como las indirectas se beneficiarán de los desarrollos y mejoras de la Inteligencia Artificial. Los sistemas expertos pueden actuar como intérpretes, facilitando la comunicación entre los distintos sistemas automatizados; con ello se contribuye a la eliminación de barreras entre las denominadas «islas de automatización». La IA puede mejorar otros aspectos de la fabricación, pudiéndose usar tanto en sistemas convencionales como en los integrados (por ejemplo: CIM).

La fabricación automatizada se hará más flexible con la introducción de los **procesadores de lenguaje natural**, en la medida en que las máquinas podrían ser programadas por personas con limitados conocimientos en técnicas de programación. Los **sistemas de control de robots inteligentes** representan otro avance potencial en la gestión de talleres, permitiendo a los sistemas automatizados reconfigurarse solos, sin el concurso de la intervención humana. Si se combinan con la **visión automática**, los sistemas expertos pueden utilizarse para ubicar y orientar las piezas y guiar los sistemas de inspección del control de calidad. Existen, asimismo, aplicaciones conjuntas de métodos de optimización e IA en las células de fabricación, orientadas a la programación de éstas, entre las que destacan los sistemas ISIS y OPIS (Smith y otros, 1986 y 1990).

A medida que este tipo de tecnologías se vaya haciendo más común en las plantas productivas, su coste irá decreciendo, por lo que desde el punto de vista económico podrá resultar conveniente el automatizar tareas que, hasta el momento, no habían merecido la pena. Conforme mayor sea el avance logrado en la producción «directa», la plantilla de operarios en los talleres irá disminuyendo y, en su lugar, aparecerá un número creciente de trabajos relacionados con el mantenimiento y uso de sistemas y equipos más complejos.

10.4.3. Valoración de las oportunidades de inversión en CIM

Dado que una importante parte de los beneficios de un sistema CIM son intangibles o difíciles de cuantificar, la decisión de su implantación ha de fundamentarse en mejorar las capacidades productivas de forma estratégica. Para efectuar una valoración correcta de las oportunidades de inversión en CIM y ponderar los potenciales beneficios frente a los costes asociados, deberían considerarse dos consecuencias básicas de la utilización de estas tecnologías. En primer lugar, la importancia de la flexibilidad de las operaciones para la competitividad de la empresa se ha puesto de manifiesto durante la pasada década conforme la tasa de cambio tecnológico y económico se ha acelerado y muchos mercados y consumidores se han hecho cada vez más internacionales. Como consecuencia de esta competencia creciente, se han acortado los ciclos de vida de los productos a medida que cada empresa ha intentado ofertar nuevos artículos entre un creciente grupo de rivales industriales. Para sobrevivir, las empresas deben responder a la competencia de forma rápida y flexible en los cambios en el mix de productos y en las tasas de producción, acortando los tiempos de suministro del sistema manufacturero, lo cual es facilitado por la automatización de los lanzamientos y cambios de máquinas para los diferentes productos. En segundo lugar, la automatización a gran escala, que sustituye personas por máquinas, está provocando un peso específico del capital fijo cada vez mayor. Esta transformación tiene dos efectos importantes:

- La estructura de costes de fabricación pasa de reflejar unos bajos costes fijos y altos costes variables a una situación radicalmente inversa. Este cambio afectará a la capacidad de la empresa para aceptar retos estratégicos, pues los bajos costes variables permiten obtener una rentabilidad a corto plazo, incluso en condiciones de guerra de precios.
- Se producen cambios, tanto en los niveles de empleo como en la responsabilidad de los puestos de trabajo, que requieren una importante modificación en la estructura organizativa.

10.5. AUTOMATIZACION DE LOS SERVICIOS

Una diferencia importante entre los servicios y la manufactura es el mayor número de actividades involucradas en la generación de los primeros. La falta de estandarización es, precisamente, la razón principal del lento progreso observado hasta ahora en la automatización de los servicios. Sin embargo, la creciente flexibilidad de esta última está permitiendo conseguirla en ciertos campos.

10.5.1. Analogía en el diseño de servicios y manufacturas

La introducción exitosa de un nuevo producto, tanto si es un bien como un servicio, está determinada por su aceptación por el mercado, siendo fundamental para ello las actividades de diseño. Los ingenieros que diseñan los productos deben ser capaces de trasladar los deseos de los clientes a un conjunto de especificaciones técnicas y de definir el nivel de calidad necesaria en términos de medidas tangibles. El diseñador de un servicio usa el equivalente a las especificaciones técnicas, definiendo la secuencia específica de acciones que habrán de desarrollarse para generar un servicio concreto. Los planos de un servicio serán, por tanto, un diagrama de flujo de actividades, o lista de pasos necesarios para generar el servicio, así como las especificaciones que indican cómo se han de llevar a cabo las subtareas. Una de las principales dificultades del diseñador de servicios es que no puede hacer comprobaciones previas del diseño.

Como veremos seguidamente, son conocidos los casos de servicios en los que la relación directa con el cliente ha sido sustituida por el contacto de éste con una máquina; otros casos están relacionados con situaciones en las que para la recogida y lectura de datos, que antes se hacía manualmente, se emplean lectores ópticos, escáners, etc. Con objeto de ilustrar lo anteriormente expuesto, pasamos a describir someramente las aplicaciones más difundidas de la tecnología automatizada en el sector servicios, aunque como podremos comprobar, algunas de ellas tienen también una utilización creciente en las empresas industriales.

10.5.2. Principales modalidades de automatización en los servicios

10.5.2.1. *Cajeros automáticos y servicios de transferencia electrónica de fondos*

La automatización de la Banca comenzó en la década de los treinta, cuando se instalaron las primeras máquinas para la clasificación de los cheques. Desde entonces, las instituciones financieras han ido mejorando su eficiencia de distintos modos, la mayoría de los cuales son claramente visibles para los clientes. Dos tecnologías particularmente exitosas han sido la transferencia electrónica de fondos y los cajeros automáticos.

10.5.2.2. *Intercambio electrónico de datos*[7]

Habitualmente, los Sistemas de Información de las empresas industriales y de servicios procesan millones de instrucciones por segundo; posteriormente los datos se pasan a papel para ser enviados por medios mucho más lentos, como el correo, a otras empresas y organismos, que han de volver a codificarlos e introducirlos para procesarlos nuevamente a grandes velocidades. Para evitar esta redundancia de tratamientos se viene recurriendo en los últimos años a la utilización de un nuevo sistema denominado EDI o Intercambio Electrónico de Documentos normalizados entre aplicaciones informáticas. Dicho sistema se basa en importantes avances técnicos que revolucionan el tratamiento de los flujos de información, al permitir la existencia de sistemas automatizados compartidos por varias empresas. Su objetivo es agilizar y simplificar el Subsistema de Información en la empresa, es decir, los procesos relacionados con la recepción, almacenamiento, tratamiento e intercambio de todo tipo de documentos.

El EDI afecta a la empresa en su conjunto, dado que actúa en todos los subsistemas empresariales: de Dirección, Comercial, Financiero, de Información y de Operaciones; en este último, y para incrementar la velocidad de reacción de los sistemas de Planificación y Control de Materiales (por ejemplo: MRP, JIT y OPT), la información a intercambiar entre el fabricante y sus proveedores debería transmitirse por medios electrónicos (piénsese, por ejemplo, que uno de los objetivos de JIT es conseguir «cero papel»), realizándose todas las transacciones de documentos entre las empresas implicadas como si de un único Sistema de Información se tratase. Las características más importantes del EDI y sus beneficios más inmediatos aparecen en el Cuadro 10.10.

La aplicación del EDI en la empresa supone un avance técnico en cuanto a la agilización de los procesos administrativos, que tendrá implicaciones organizativas más importantes, si cabe, que las meramente mecánicas. Se puede considerar que la implantación de un sistema EDI supone un 75 por 100 de esfuerzo a nivel organizativo y un 25 por 100 a nivel técnico. El EDI afectará a los Sistemas de Información Interorganizativos, si bien tradicionalmente se viene presentando por parte de todos los organismos implicados como un elemento constituyente del entorno de la empresa y no de su interior. Desde nuestro punto de vista, la verdadera revolución del EDI no será el avance en materia de telecomunicaciones, ni siquiera la normalización de los datos que se intercambian, ya de por sí muy importante, sino la posterior utilización de los formatos predefinidos mediante EDI en todas las demás facetas empresariales, con el consiguiente cambio de enfoque que ello implica en cuanto a simplificación y formalización de los procesos administrativos.

[7] Elaborado por F. Cuesta, P. Luna, F. J. Martínez y R. del Pozo. Un ejemplo concreto, de los mismos autores, puede verse en J. A. D. Machuca y otros (1994, Cuadro 4.1).

Cuadro 10.10. Características fundamentales del EDI y beneficios más inmediatos

Características del EDI

- **Transmisión electrónica.** La comunicación debe hacerse por líneas telemáticas. Así se excluye el intercambio de los soportes físicos de los datos (por ejemplo: papel e incluso discos magnéticos) y se permite además establecer la comunicación sin intervención humana (evitándose retrasos y posibles errores).
- **Datos intercambiados.** Están estructurados en mensajes de distinto tipo: comerciales, administrativos, financieros, planificación y programación de la producción, etc. (Aunque en un primer momento se realizaban las operaciones entre organizaciones con un mismo tipo de actividad, hoy en día se tiende a abarcar todo tipo de actividades, dado que la dimensión de las empresas y la diversificación de sus formas de actuar hacen que cada día las organizaciones concurran en más sectores simultáneamente. En el fondo nos encontramos ante un «lenguaje universal» que permite dialogar a los diferentes agentes económicos entre sí, con la virtud añadida de poder realizar esta labor de forma mecanizada por medio del EDI).
- **Intercambio entre aplicaciones informáticas.** Esto permite ahorro de papeleo, disminución de tiempo y eliminación de errores derivados de la doble introducción de datos en los ordenadores.
- **Normalización.** Para poder intercambiar datos electrónicamente las empresas deben ponerse de acuerdo en el formato a utilizar. Para evitar la aparición de múltiples formatos incompatibles entre sí, que dificultaría las comunicaciones interempresas, es necesario utilizar un modelo normalizado de codificación de datos. Actualmente hay dos estándares principales: el X12 y el EDIFACT, siendo este último el más utilizado a nivel mundial, al haber sido promovido por las Naciones Unidas (hay que tener en cuenta que EDIFACT se centra en la normalización de los mensajes en cuanto a su contenido, dejando la transmisión libre para que la norma sea lo más duradera posible y se pueda implementar mediante diferentes sistemas de telecomunicación).

Beneficios inmediatos del EDI

- **Reducción de los costes de producción, transferencia y proceso de documentos.** Los costes de personal dedicado a las tareas administrativas improductivas suponen entre un 4 y un 15 por 100 del valor de un producto, consiguiéndose con el sistema EDI reducciones de, al menos, una cuarta parte de dicha cifra.
- **Eliminación de los errores** producidos por la manipulación humana de los datos y la necesidad de reintroducir los datos en el lugar de destino.
- **Aumento de la velocidad** en el intercambio de documentos, al sustituir los sistemas tradicionales por transacciones electrónicas.

La utilización de este tipo de sistemas está experimentando una gran difusión. Para dar una idea de la misma podemos decir que en 1993, una red de servicio EDI, la International Network Service, abarcaba el 55 por 100 del mercado británico y el 35 por 100 del europeo, con más de seis millones de documentos intercambiados mensualmente (Scott, 1994, pág. 97).

10.5.2.3. *Servicios de información electrónica On-Line*[8]

Un número creciente de redes informáticas está ofreciendo a sus suscriptores colecciones de bases de datos ASCII en tiempo real y servicios informáticos asociados. El ordenador principal contiene una «biblioteca» electrónica, o una colección de bases de datos, que es actualizada periódicamente; se accede a ella mediante un terminal especial o un ordenador conectado vía módem. Según el tipo de información que proporcionan se denominan **servicios referenciales** o **servicios fuente**. Los **primeros** remiten a otra fuente para complementar las refe-

[8] Para mayor información puede verse Luna y Llacer (1992).

rencias de información, pudiendo ser *bibliográficos* (por ejemplo: artículos de revistas), *directorios* (por ejemplo: de empresas industriales, comerciales, etc.) y *bases de datos BISE del ICEX* (que contienen oportunidades comerciales en todo el mundo). Respecto a los **segundos**, proporcionan la fuente primaria de información y pueden ser *numéricos* (por ejemplo: estadísticas), *textual-numéricos*, *textuales* (por ejemplo: noticias de prensa) e *icónicos* (representan la situación en forma de imágenes, gráficas, etc.).

10.5.2.4. *Sistemas de mensajería electrónica*

Estos sistemas incluyen, fundamentalmente, los servicios de **mensajería vocal** y el **correo electrónico (E-mail)**. Los primeros soportan, fundamentalmente, el tratamiento de voz y se corresponden con el denominado correo de voz, el Audiotext y los sistemas de mensajería interactiva de voz. Estos servicios, ya sean públicos o privados, vienen a resolver los típicos inconvenientes de la simple comunicación telefónica.

En cuanto al **Correo Electrónico**, es un servicio telemático que permite el intercambio de correspondencia (mensajes electrónicos escritos en distintos formatos) y, a veces, ficheros binarios entre terminales de usuarios conectados mediante algún tipo de red local o remota. Los PCs y/o terminales, conectados mediante Redes Locales que ejecutan una aplicación de E-Mail, realizan las mismas funciones de correo interno en cualquier oficina y pueden también desempeñar funciones de correo externo con otros PCs y terminales alejados geográficamente, a los cuales se conectan mediante líneas de trasmisión. Los componentes *Hard* y *Soft* de un sistema de correo electrónico son:

- Los terminales de usuario, que suelen ser PCs.
- Un host u ordenador central y/o una red de terminales (PCs) para el tráfico del correo.
- Un software de comunicación con el módulo de correo electrónico, que consta de dos elementos: una base de datos especializada para almacenar los mensajes que se intercambian los usuarios en sus respectivos buzones y un módulo de direccionamiento de dichos mensajes entre direcciones electrónicas.

Entre las ventajas de estos sistemas destacan las importantes reducciones de tiempo en las oficinas, la disminución del papeleo, evitar la falta de conexión motivada por la ocupación de las líneas telefónicas, etc.; otra de las ventajas radica en que el emisor del mensaje puede comunicarse con varias personas al mismo tiempo (por ejemplo: cambios en los precios de un producto o modificaciones en la disponibilidad de existencias pueden ser comunicadas simultáneamente a varios clientes).

10.5.2.5. *Sistemas de comunicación e información conectados*

Son cada vez más las empresas que conectan los miniordenadores de los diferentes departamentos entre sí mediante **redes locales (LANs)**, interconectándose éstas, a su vez, entre ellas y con el o los miniordenadores o, incluso, el mainframe de la empresa; ello se hace mediante arquitecturas cliente/servidor, constituyéndose así el sistema informático de la firma.

10.5.2.6. *Códigos de barras*

Los sistemas de códigos de barras se han extendido rápidamente entre los mayoristas, minoristas, almacenes, bibliotecas, plantas productivas, etc. Estos códigos, formados por barras anchas y estrechas de color negro sobre un espacio en blanco, que se imprimen directamente sobre el artículo o sobre una etiqueta adicional, pueden ser leídos por un ordenador a través de un escáner. Los procedimientos de control informático han contribuido de forma decisiva a la mejora de la productividad de conocidas empresas de la distribución. Cuando el escáner lee el código procesa automáticamente la información relativa al precio del artículo, posición de inventario, fecha de venta, lote de fabricación al que pertenece, etc. No sólo el vendedor se beneficia, sino que también el cliente recibe una mayor y más rápida información sobre la transacción realizada. En el caso de las empresas manufactureras, los códigos de barras permiten a los ordenadores controlar la distribución de la mano de obra, los niveles de inventarios, las pérdidas de calidad, la ubicación de herramientas, etc.

10.5.2.7. *Sistemas informatizados para la gestión de la superficie de ventas*

Ya están disponibles en el mercado diferentes aplicaciones informáticas destinadas a la gestión del espacio de las superficies de venta o de gestión de los lineales de los comercios (por ejemplo: Spaceman). Estas aplicaciones emplean modelos formales para determinar el uso óptimo del espacio de exposición y venta. Para ello cuantifican las elasticidades directa y cruzada con respecto a la demanda, simulan diferentes posiciones en los lineales y representan gráficamente la posición del producto sobre éstos.

El empleo de estas aplicaciones conlleva importantes ventajas para los distribuidores, tales como el equilibrado de sus existencias, el ahorro de tiempo en la elaboración de las representaciones gráficas de los lineales, el mejor control del punto de venta, la optimización a priori del espacio, un aumento de la rotación, etc. Para los fabricantes también son útiles estas aplicaciones en cuanto que les permiten llevar una mejor gestión de existencias, que ayuda a evitar la ruptura de stocks y los excesos de producción, conocer los efectos previsibles de la introducción de nuevos productos en el lineal, mejores condiciones para la negociación con los distribuidores, etc.

El Cuadro 10.11 recoge algunos ejemplos de automatización en distintas áreas del sector servicios.

10.6. CONSIDERACIONES FINALES

La Gestión de la Tecnología en los entornos manufactureros y de servicios se está viendo creciente y continuamente acosada por presiones competitivas mundiales. Conceptos como CAD, CAM o CIM prometen menores costes, calidad superior y reducciones en el tiempo de desarrollo de nuevos productos. Sin embargo, no debiera esperarse que la mera implantación de estos sistemas vaya a suponer la panacea que empresas y países buscan con ahínco. Como hemos visto, son numerosas e importantes las limitaciones que, por el momento, presentan estos sistemas, así como la necesidad de que se produzcan cambios organizativos sustanciales que preparen y acondicionen las plantas productivas o de servicios para la implantación de las nuevas tecnologías.

Cuadro 10.11. Algunas aplicaciones de la automatización en el sector servicios

Sector de actividad	Ejemplos de automatización	Sector de actividad	Ejemplos de automatización
Banca	Transferencias electrónicas de fondos. Procesadores de códigos de cheques. Cajeros automáticos. Análisis de carteras.	Sanidad	Escáner TAC. Asignación electrónica de ambulancias. Sistemas para sillones de dentistas. Sistemas de información médica.
Transportes	Pilotos automáticos. Sistemas de navegación marítima. Cabinas de seguridad. Sistemas de control del transporte público en áreas metropolitanas.	Servicios públicos	Contadores. Escáner del servicio de Correos (vigilancia y franqueo). Camiones de basura equipados con un único trabajador. Sistemas de control anti-incendios y para protección civil.
Comunicaciones	Intercambio electrónico de datos. Sistemas de correo electrónico. Bases de datos en tiempo real. Sistemas integrados de comunicación e información. Sistemas de vídeo y teleconferencias.	Hostelería (restaurantes)	Códigos de barras. Máquinas expendedoras. Freidoras de patatas. Cajas registradoras. Terminales de Punto de Venta (TPV).
Educación	Ordenadores personales y domésticos. Sistemas informáticos para los laboratorios de idiomas. CD-ROMs bibliográficos. Aplicaciones de software para la traducción de documentos. Escáner para la copia de documentos.	Mayoristas y minoristas	Sistemas informatizados integrados para la emisión y recepción de pedidos. Cintas transportadoras de los comercios de limpieza en seco. Terminales electrónicos en puntos de venta. Sistemas de almacenamiento en el sector de distribución.
Hostelería	Sistemas de reserva electrónica. Ascensores. Sistemas de llaves y cerraduras electrónicas.	Ocio	Vídeo-Discos. Vídeo-Consolas. Animación de espectáculos.

Dadas las limitaciones mencionadas, parece lógico preguntarse cuál debería ser el camino a seguir cuando se pretende adoptar la automatización. Las diferentes opciones presentan sus máximas ventajas en diferentes funciones, por lo que un primer paso habrá de ser el establecer una relación entre éstas. Un segundo paso debe estar encaminado a determinar las actuaciones más eficientes en términos de costes, puesto que la influencia de las diferentes tecnologías sobre las distintas categorías de éstos también varían. El Cuadro 10.12 (Mize, 1987) podría servir para determinar qué alternativa es la más adecuada para cada función.

Los costes de un producto suelen estar compuestos en un 10 por 100 por costes directos de mano de obra, en un 35 por 100 por costes indirectos y en un 55 por 100 por costes de materiales (véase Capítulo 12). De ello se desprende que los esfuerzos de la automatización deberían encaminarse hacia la reducción de los costes de materias primas y costes indirectos. El campo de la reducción de estos últimos es el que, tal y como ha podido irse apreciando a lo largo de este capítulo, ofrece mayores posibilidades, por lo que las inversiones deberían concentrarse en

Cuadro 10.12. Conceptos y tecnologías avanzadas para las distintas funciones del Area de Operaciones

Funciones del Area de Operaciones	Conceptos y tecnologías avanzadas aplicables
Planificación estratégica.	Estrategias de fabricación flexible / automatización / diseño para la diferenciación / rapidez en el acabado y la entrega de productos / estrategias de fabricación de alta velocidad.
Ventas y cuotas de mercado.	Bases de datos integradas e interactivas / redes de comunicación de datos en planta y en las sedes de los clientes.
Diseño del producto.	CAD/CAE/simulación y animación / diseño para la fabricalidad, para el montaje y transporte automático y para alcanzar costes preestablecidos / empleo de Tecnología de Grupos para la búsqueda de diseños / control de los cambios de ingeniería.
Diseño del Proceso.	CAD vinculado al diseño de equipos y procesos / modelos de simulación / FMC y FMS.
Análisis de capacidad y diseño de la planta o taller.	Algoritmos para el análisis y diseño de la distribución en planta / modelos de simulación / análisis de artículos por familias / planificación informatizada de la planta.
Planificación del proceso y diseño de herramientas.	CAPP / GT / clasificación y codificación / base de datos de tiempos estándar.
Planificación y Programación de la producción.	Programación Maestra de la Producción / alisado de la producción / MRP / MRP II / OPT / JIT / algoritmos de programación / simulación / sistemas de monitorización de plantas.
Compras y Gestión de proveedores.	Compra automática / conexiones electrónicas con proveedores / seguimiento automático.
Recepción y Procesado de pedidos.	Gestión de la demanda / previsión / bases de datos integradas / seguimiento de pedidos on-line en tiempo real.
Gestión de Talleres.	Controles de envíos y desplazamientos / sistemas automáticos de identificación (por ejemplo: códigos de barras) / recogida automática de datos sobre el rendimiento del proceso conforme éste progresa / procedimientos para la auditoría de la integridad de los datos / programación del mantenimiento preventivo / conceptos avanzados en medida del rendimiento.
Fabricación.	NC / DNC / CNC / controladores programables / procesos automáticos / cambio automático de herramientas / monitorizado de máquinas y herramientas / robots / lanzamientos rápidos.
Montaje.	Montaje automático / montaje robotizado / inspección automática por etapas de montaje.
Inspección, Pruebas y Control de Calidad.	Pruebas e inspecciones informatizadas / sistema de diagnóstico y seguimiento de máquinas / control estadístico de procesos (SPC) / visión automática / controles adaptativos / inspección «sobre la marcha».

Gestión de materiales (almacenamiento y transporte).	Sistemas AS/RS, AGVs / cintas transportadoras / robots de transporte / sistemas para la transferencia de piezas entre equipos.
Proceso de datos y comunicaciones en planta.	Protocolos estandarizados para la comunicación / redes de planta / EDI / bases de datos integradas / correo electrónico, etc.

aquellas tecnologías que ayuden a reducir la carga de personal indirecto de la firma. Cada vez que en una empresa fabril se diseña un nuevo producto o se produce un cambio en la ingeniería de alguno ya existente, se generan las siguientes actividades:

- Consulta de planos y esquemas.
- Análisis de ingeniería.
- Pruebas y simulaciones.
- Distribuciones en planta y controles.
- Nuevos planos.
- Diseño de procesos.
- Plan de proceso.
- Nuevos moldes, herramientas, prensas y fijaciones.
- Nuevos programas para la maquinaria.
- Nuevos procedimientos de inspección.
- Control de calidad.
- Nuevas instrucciones de montaje.
- Nuevos manuales de trabajo y servicio post-venta.

Todas estas actividades demandan la presencia de personal de diferentes departamentos, que precisarán semanas o meses para llevarlas a cabo; será en la automatización de estas tareas en las que deberá concentrarse el esfuerzo inversor y organizativo. La planificación y el diseño de la automatización serán considerados en el siguiente capítulo.

Por lo que respecta a la **automatización en los servicios**, de cuya amplia utilidad y difusión hemos recogido algunas aplicaciones ilustrativas, situaciones como la del 19 de octubre de 1987, en que la Bolsa de Nueva York se vio seriamente afectada por los problemas técnicos del sistema automático de transacciones (citado por Gaither, 1992, pág. 188) ilustran, por otra parte, el especial cuidado con que hay que planear la introducción y funcionamiento de la informatización e integración en los servicios. Otros ejemplos, menos dramáticos, también evidencian este problema, como es el caso, por ejemplo, de las balanzas automáticas instaladas en la zona de alimentos frescos de supermercados y grandes superficies: en algunas ocasiones los clientes «engañan» a la máquina, tecleando un artículo diferente al que en realidad se va a pesar, mientras que en otras, los clientes no pueden recordar las claves o teclas que corresponden a los diferentes productos de una misma familia (por ejemplo: manzanas golden, starking, reinetas, etc.). Todo ello conlleva que sea necesaria la presencia de encargados en el área o que en la caja registradora se revisen todos estos artículos, con lo cual, los beneficios de la automatización se reducen sensiblemente.

Es de esperar que conforme más equipos de tecnología avanzada se vayan integrando en estas operaciones, los servicios se homogeneizarán, pues, como ya vimos, la implantación de las nuevas tecnologías requiere que las tareas a ejecutar se simplifiquen y estandaricen previamente. La estandarización, sin embargo,

podría tener consecuencias no deseadas; desde el punto de vista de los clientes o usuarios de los servicios, éstos perderán parte de su atractivo, en cuanto que no estarán diseñados ni ejecutados a medida. Frente a este inconveniente hay que considerar la disminución de los costes de las operaciones y, consiguientemente, de los precios, así como unos nuevos servicios que, posiblemente, se adecuarán mejor a las necesidades de los clientes.

En términos generales, si el nivel de contacto directo con los clientes es elevado, la automatización no es la mejor opción, aunque esto no quiere decir que no deba ser considerada; en las operaciones bancarias, por ejemplo, una parte de ellas ha de realizarse a la vista del cliente, mientras que otras (por ejemplo: la compensación de cheques, la impresión de los estados de cuentas) pueden efectuarse automáticamente, pues el nivel de contacto directo con clientes es ínfimo y los ahorros en costes que la entidad bancaria puede lograr con la automatización son muy elevados.

Es frecuente escuchar quejas de los clientes de las entidades de servicios, para quienes la calidad y costes de éstos no han mejorado tras la automatización. Así, un servicio se califica como pobre cuando consume mucho tiempo, es ineficaz o muy caro; las nuevas tecnologías, como los cajeros automáticos, la reserva automática de billetes de avión (sistemas SABRE o AMADEUS), las máquinas expendedoras automáticas de bebidas, golosinas, tabaco, artículos sanitarios, etc., son normalmente rápidas y eficaces, aunque, claro está, puede haber excepciones o problemas puntuales. Con respecto a la calidad, estos equipos también pueden contribuir a mejorar la percepción de los clientes sobre la misma. No obstante, en numerosas ocasiones, los servicios tienen que ser rediseñados para conseguir la aceptación de sus receptores, como sucedió con las primeras cajas registradoras automáticas, las cuales no incluían en los tickets de compra la descripción de los artículos adquiridos, información esencial para comprobar en restaurantes, almacenes, supermercados, etc., si la cifra cargada al cliente era la correcta. La utilización de los códigos de barras es útil para el distribuidor, pero para el cliente es un inconveniente, en cuanto que no le proporciona una clara información sobre los precios de los artículos. Este problema puede ser solventado fácilmente colocando listados de precios en los distintos pasillos del establecimiento.

Por último, no puede olvidarse que la actitud de los clientes hacia la automatización mejorará siempre que éstos perciban una mejora en el servicio, sea ésta en tiempo, en calidad o en precios. Así, en las gasolineras norteamericanas en las que los propios clientes se sirven el combustible, el precio de éste es inferior al que podría encontrase en las gasolineras «convencionales», situación que, por el momento, no se da en nuestro país. Para concluir, debe recalcarse que la automatización en este sector ha de tener bien presente que el usuario de los diferentes equipos y servicios no tiene por qué ser un experto en su uso, por lo que el diseño deberá efectuarse suponiendo que las condiciones más adversas se pueden presentar en cualquier momento y, en ese caso, cuya probabilidad de ocurrencia habría de ser mínima, se debería contar con un repertorio de soluciones o respuestas satisfactorias para el cliente.

Finalizaremos este capítulo recordando que:

- No todos los proyectos de automatización conducen al éxito: hay empresas que se han embarcado en la automatización y no han gestionado adecuadamente la implantación y puesta en marcha, cosechando resultados mucho peores a los que habrían conseguido si hubieran mantenido su tecnología habitual.

- Si el Sistema de Gestión de la empresa es pobre, la automatización fracasará con alta probabilidad.
- Hay operaciones cuya automatización no está justificada económicamente.
- Algunas operaciones no se pueden automatizar debido a limitaciones técnicas.

Esto no debe ser óbice para frenar la automatización: las compañías deben mantener actualizados sus procesos y ajustarlos conforme la tecnología avanza. De lo contrario, las empresas perderán su posición competitiva frente a aquéllas otras que hayan anticipado las ventajas estratégicas de las nuevas tecnologías y consigan, consecuentemente, los mayores beneficios.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ADAM, E. E. JR., y EBERT, R. J.: «Production and Operations Management: Concepts, Models and Behavior», Prentice-Hall, 1989.

AKAO, Y.: «An introduction to Quality Function Deployment», en AKAO, Y. (ed.), *Quality Function Deployment*, Productivity Press, 1990.

ANDERSEN CONSULTING.: «La Fábrica del Futuro», 1990.

BEDWORTH, D. D.; HENDERSON, M. R., y WOLFE, P. M.: «Computer-Integrated Design and Manufacturing», McGraw-Hill, Inc., 1991.

BURBIDGE, J. L.: «The Introduction to Group Technology», John Wiley, 1975.

BURBIDGE, J. L.: «Production Flow Analysis», Oxford University Press, 1989.

BURBIDGE, J. L.: «Group Technology», en WILD, R. (ed.) *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational Limited, 1989.

CASTILLO, E., y ALVAREZ, E.: «Sistemas expertos. Aprendizaje e incertidumbre», Paraninfo, 1989.

CHANG, T. C.; WYSK, R. A., y WANG, H. P.: «Computer-Aided Manufacturing», Prentice-Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, 1991.

CHASE, R. B., y AQUILANO, N. J.: «Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones», Addison-Wesley Iberoamericana, 1994.

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS: Dirección General XIII, «Presentación del EDI», 1989.

DENTON, D. K.: «The Service Trainer Handbook: Managing Service Businesses in the 1990's», McGraw-Hill, 1992.

DILWORTH, J. B.: «Operations Management: Design, Planning and Control for Manufacturing and Services», McGraw-Hill, 1992.

ELSAYED, E. A.: «Automated Storage Systems» en WILD R. (ed.) *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational Limited, 1989.

EMMELHAINZ, M. A.: «EDI, a Total Management Guide», Van Nostrand Reinhold, 1993.

GAITHER, N.: «Production and Operations Management», The Dryden Press International Edition, 1992.

GALIANA, J.; ESTÉVEZ, J., y REDONDO, I.: «Introducción de la Máquina-Herramienta de Control Numérico en las PME», Publicaciones del IMPI, serie Tecnología, n.° 34, 1991.

GOLD, B.: «Computerization in Domestic and International Manufacturing», *California Management Review*, vol. 31, n.° 2, 1989.

HAM, I., y HITOMI, K.: «Group Technology Applications for Machine Loading under Multi-Resource Constraints», 9th North American Manufacturing Research Conference Proceedings, 1981.

HILL, T.: «Production and Operations Management: Text and Cases», Prentice-Hall, 1991.

JUAN, N.; MUÑOZ, S., y GARCÍA DE LA CHICA, A.: «Automatización del montaje en la PME», Publicaciones del IMPI, serie Tecnología, n.° 37, 1991.

KRAJEWSKI, L. J., y RITZMAN, L. P.: «Operations Management: Strategy and Analysis», Addison-Wesley, 1990.

KUMARA, S., y LEHTIHET, A. L.: «Artificial Intelligence and Expert Systems: Their Relevance to Manufacturing» en WILD, R. (ed.) *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational Limited, 1989.

LAY, G.: «Strategic Options for CIM Integration» en WARNER M.; WOBBE, W., y BRÖDNER, P. (eds.), John Wiley and Sons, 1990.

LARRAÑETA J.; ONIEVA, L.; LOZANO, S., y DÍAZ, A.: «Inteligencia artificial aplicada a la planificación, programación y control de la producción», *Alta Dirección*, n.° 155, 1991.

LLACER RUBIO, E., y LUNA HUERTAS, P.: «EL Intercambio Electrónico de Documentos: un nuevo valor añadido», Actas del V Congreso de la AEDEM, Junio, 1991.

LUNA, P., y LLACER, E.: «Servicios de Bases de Datos On-Line para el empresariado», *Boletín Económico de Andalucía*, n.° 14, 1992.

LUNA, P., y RUIZ DEL CASTILLO, J. C.: «El impacto de los productos ofimáticos en el entorno empresarial», V Congreso AEDEM, Junio, 1991.

MCAULEY, J.: «Machine Grouping for Efficient Production», *The Production Engineer*, vol. 52, 1972.

MCCLAIN, J. O.; THOMAS, L. J., y MAZZOLA, J. B.: «Operations Management: Production of Goods and Services», Prentice Hall, 1992.

MITROVANOFF, S. F.: «Scientific Principles of Group Technology Boston SPA», National Lending Library for Science and Technology, 1961.

MIZE, J. H.: «Success Factors for Advanced Manufacturing Systems», 1987 Institute of Industrial Engineers Conference Proceedings, Washington, D.C.

MIZE, J. H., y PALMER, G.: «Some Fundamentals of Integrated Manufacturing», 1989 Institute of Industrial Engineers Conference Proceedings, Washington, D.C.

NOORI, H.: «Managing the Dynamics of New Technology: Issues in Manufacturing Management», Prentice Hall, 1990.

NOORI, H., y RADFORD, R. W.: «Readings and Cases in the Management of New Technology: an Operations Perspective», Prentice Hall, 1990.

OLLERO, A.: «Los sistemas expertos en control de procesos», *Automática e Instrumentación*, n.° 139, 1989.

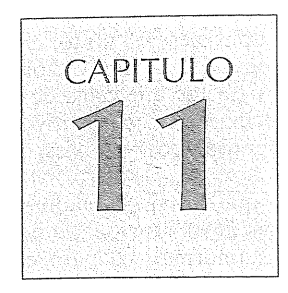
PALFRAMAN, D.: «Too Much, Too Soon», *Manufacturing Engineering*, March, 1987.

PARRISH, D.: «Flexible Manufacturing», Butterworth-Heinemann Ltd., 1993.

RHODES, D.: «Computer-Aided Production Management» en WILD, R. (ed.) *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational Limited, 1989.

SCHONBERGER, R. J., y KNOD, E. M.: «Operations Management: Improving Customer Service», Irwin, 1991.

SCHROEDER, R. G.: «Operations Management: Decision Making in the Operations Function», McGraw-Hill, 1993.
SCOTT, B.: «Manufacturing Planning Systems», McGraw-Hill, 1994.
SEIFODDINI, H. S.: «Cost Based Machine-Component Grouping Model: In Group Technology», Ph. D. Diss, Oklahoma State University, 1984.
SIDDERS, P. A.: «Flow Production of Parts in Small Batches», Machinery Publishing Co., 1962.
SMITH, S. F.; FOX, M. S., y O. P. S.: «Constructing and Maintaining Detailed Production Plans: Investigations Into the Development of Knowledge-Based Factory Scheduling Systems», *The AI magazine*, vol. 7, 1986.
SMITH, S. F.; OW, P. S.; POTVIN, J.; MUSCETTOLA, N., y MATTHYS D.: «An Integrated Framework for Generating and Revising Factory Schedules», *Journal of Operations Research*, vol. 41, n.° 6, 1990.
STARR, M. K.: «Managing Production and Operations», Prentice-Hall International Editions, 1989.
STEVENSON, W. J.: «Production/Operations Management», Irwin, 1990.
SWATMAN, P.: «Integrating Electronic Data Interchange into Existing Organizational Structure and Internal Application Systems: the Australian Experience», Ph. D. Thesis, School of Computing, Curtin University of Technology (West Australia), 1993.
UN/EDIFACT Rapporteurs Team.: «Introduction to UN/EDIFACT with Latest News and Events», Washington Publishing Company, Septiembre, 1990.
VESTER, J.: «The Increasing Importance of AGV's in Inventory Control», *Production and Inventory Management Review*, November, 1987.
VOSS, C. A. (ed.): «Managing Advanced ManufacturingTechnologies», IFS Publications, 1986.
VOSS, C. A.: «Managing Manufacturing Technology» en WILD, R. (ed.) *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational Limited, 1989.
WARNECKE, H. J., y STEINHILPER, R.: «CIM, FMS and Robots» en WILD, R.: (ed.) *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational Limited, 1989.
WILD, R.: «Production and Operations Management», Cassell (Alden Press), 1991.
WILD, R. (ed.).: «International Handbook of Production and Operations Management», Cassell Educational Limited, 1989.



LAS NUEVAS TECNOLOGIAS DE FABRICACION Y EL DISEÑO DEL SUBSISTEMA PRODUCTIVO

11.1. INTRODUCCION

Las empresas industriales han de hacer frente a una creciente y feroz competencia nacional e internacional, la cual genera una continua presión sobre las mismas. Por una parte, son numerosas las que vuelven a considerar la reducción de precios y, por tanto, de los costes, como una de sus prioridades competitivas; ésta ha de abordarse a través de medios de muy distinta naturaleza, de entre los cuales la automatización es sólo una posibilidad más. Con similar o mayor intensidad se considera la introducción de nuevos productos; las demandas de los clientes están llevando a un crecimiento «explosivo» de la gama de los diferentes artículos disponibles, fabricados en lotes de menor tamaño, suministrados más rápidamente y con niveles crecientes de calidad y de servicio al cliente. Desde el punto de vista del desarrollo tecnológico, esta tendencia está reforzada por la cada vez más corta vida de los productos y servicios, los menores tiempos de generación de los productos y de la innovación en procesos, junto a revolucionarios desarrollos en el campo de la microelectrónica (véase Capítulo 2).

Aparte de los factores mencionados, la organización del trabajo en la empresa se ve afectada por cambios en las condiciones operativas básicas, derivados de aspectos tales como la legislación, los convenios y acuerdos colectivos o la estandarización y normalización. Desarrollos sociales, como los superiores niveles de educación, llevan a desear unos contenidos de los trabajos que sean más atractivos y unos modelos más flexibles en lo que se refiere a la jornada laboral. La mayor preocupación ambiental genera una mayor demanda de conocimiento de los efectos negativos que se pueden asociar a un enfoque indiscriminado del uso de los recursos naturales y, por tanto, a conceder una mayor atención a aspectos medioambientales que deben ser protegidos e incluidos en los planes de la firma.

A la vista de tales y tan numerosos cambios, la innovación en productos y en procesos está desempeñando ya un papel crítico en el éxito de las empresas. Estas sólo podrán adquirir una cierta ventaja competitiva si están en situación de reaccionar en el nivel superior a las nuevas necesidades del mercado, el cual demanda productos innovadores al coste más ventajoso posible. Ello implicará, normalmente, el uso de nuevos y más flexibles procesos productivos. Sectores industriales completos, así como empresas individuales, dejarán de ser viables en el futuro si no han desarrollado con maestría la tarea anterior. Esta tendencia ha sido ya ilustrada por los desarrollos del pasado, como, por ejemplo, los problemas de la industria relojera alemana o la industria norteamericana del acero. Uno

de los retos al que se enfrentan las empresas hoy en día consiste, por tanto, en identificar y resolver cualquier debilidad existente en el área de la innovación en productos y procesos. Con ello pueden disminuirse los efectos que estas dos áreas de riesgo pueden tener y que conducen a una reducción de la competitividad: los riesgos estratégicos asociados a los mercados y productos y el riesgo operativo asociado al área de la ingeniería de producto.

Tradicionalmente, los sistemas de hardware y software que se han diseñado y puesto en marcha para la utilización de ordenadores en las áreas funcionales de producción han sido de tipo «aislado». Así, los sistemas informáticos para el diseño y preparación de planos, prototipos, croquis, etc., el procesado de listas de componentes, la formulación de planes de trabajo, el control numérico, la programación y/o el control de la producción, han operado con conjuntos de datos específicos, cuyo intercambio se ha producido a través de medios input/output de difícil interpretación para los no expertos en lenguajes informáticos. Como desventajas de este enfoque «aislado» se suelen citar:

- Duplicación en el almacenamiento de datos básicos idénticos.
- Entrada manual y múltiple de datos idénticos en los interfaces de los sistemas informáticos.
- Actualizaciones costosas y no simultáneas de conjuntos de datos, que hacen que éstos no sean idénticos cuando debieran serlo.
- Almacenamiento y recogida manual de datos en el nivel operativo.
- Falta de claridad y tiempos largos de proceso cuando se desarrollan las tareas.

A pesar de las citadas desventajas, existen diversas razones que han favorecido el mantenimiento de este enfoque y que se recogen en el Cuadro 11.1 (a partir de Bullinger, 1990, pág. 8).

Cuadro 11.1. Razones del enfoque «aislado»

• No se ha ofertado en el mercado un concepto CIM probado y estandarizado. • Alto coste asociado a la compra de desarrollos individuales y a las medidas de su puesta en marcha. • Carencia de conceptos modulares que permitan llevar a cabo una inversión secuencial y posibiliten la gradual adquisición de experiencia. • Complejidad de los problemas vinculados al cambio en la estructura organizativa y a la incertidumbre en la planificación, los cuales generan el rechazo de los usuarios.	• Falta de conocimientos relativos a la adquisición, adaptación e introducción de soluciones integradas por parte de los principales usuarios del sistema. • Egoísmo departamental en la aceptación de los problemas. • Carencia de procesos que permitan demostrar la rentabilidad de los conceptos integrados.

Un rasgo destacado de las fábricas integradas es que estas deficiencias pueden eliminarse mediante el uso de un concepto sistémico para el tratamiento de la información. Un aspecto característico del mismo es la vinculación o conexión de programas modulares, los cuales posibilitan el acceso local a la base de datos común; también se facilitan las conexiones *on-line* a través de la información por retroalimentación de los datos de producción. En un nivel superior de expansión es posible llevar a cabo el mantenimiento y la ejecución de un sistema informático

de control de la calidad. También pueden participar en la recogida central de datos los sistemas MIS (Sistemas de Información para la Dirección) y PIS (Sistemas de Información para Producción), así como en el almacenamiento de los datos de producción. Esta integración no sólo implica la necesidad de compatibilidad y la correspondiente configuración apropiada de los interfaces, sino que impone, además, la necesidad de que exista comunicación. Un prerrequisito fundamental para que ésta se dé es la conexión de los ordenadores a través de redes adecuadas. Asimismo, hay que prestar atención a la gestión de la base de datos, campo en el que las de tipo relacional están sustituyendo a las jerárquicas.

El objetivo principal de cualquier proyecto de automatización es la aplicación de la tecnología para el funcionamiento y control del Subsistema Productivo de modo que se refuercen e incrementen las aplicaciones y potencialidades del proceso. En sí misma, la automatización es «miope» y favorece la emergencia de «islas de automatización», conduciendo al surgimiento de situaciones en las que los rendimientos parciales se optimizan, pero no el rendimiento global. Razones explicativas de este fenómeno son (Melnyk y Ramasinham, 1992, pág. 64):

- *Existencia de problemas de integración.* Estos son de dos tipos: el primero es que se genere información con la que el resto del sistema no pueda operar; el segundo es que cada «isla» puede requerir el empleo de sistemas de medición y análisis diferentes.
- *Aparición de cuellos de botella.* Con la automatización parcial sólo se incrementa la capacidad de la parte automatizada, pudiendo transformar al resto del sistema en un enorme cuello de botella.
- *Cambios en las necesidades de recursos.* La automatización modifica las características de la mano de obra, materiales e información necesarios.
- *Problemas de consistencia estratégica.* La automatización puede introducir la posibilidad de disponer de aplicaciones que generen una desviación respecto de la senda estratégica de la empresa.

Puede, por tanto, concluirse que la automatización sólo se fija localmente en el proceso, mientras que la integración trata de mejorar la eficiencia global de la firma. La adopción de la automatización integrada del proceso productivo, junto a la consiguiente integración con las operaciones de otras áreas empresariales, puede facilitar la creación de competencias distintivas asociadas a una mejor reputación, una mayor capacidad para las innovaciones en producto y proceso, una mayor cuota de mercado y la mayor inversión inicial que habrán de efectuar los competidores.

A pesar de la superioridad competitiva que la implementación de un sistema CIM (véase Capítulo 10) puede reportar, existen por el momento numerosos obstáculos a la misma, los cuales se presentan sucintamente en el Cuadro 11.2 y serán objeto de un análisis más detallado en el Apartado 11.3.

Cuadro 11.2. Principales obstáculos a la implementación de CIM

• Se trata de una inversión con efectos a largo plazo. • Existen alternativas menos costosas y de menor riesgo.	• El número de éxitos logrados es muy reducido. • Genera la alta incertidumbre e inconvenientes asociados a la inversión en alta tecnología.

◦ Suscita el temor a cambios desfavorables en la estructura de costes. ◦ Es difícil de justificar financieramente con un enfoque a corto plazo. ◦ Provoca un cierto miedo entre los directivos ante una posible pérdida de poder. ◦ La empresa se resiste al cambio.	◦ La plantilla ve en peligro su estabilidad. ◦ Aumenta el temor a desarrollar dependencias externas. ◦ Hay una gran dificultad para encontrar el momento y condiciones adecuadas para la implementación. ◦ Confusión sobre el propio concepto CIM.

11.2. TIPOS DE CIM

Es posible diferenciar distintos tipos de sistemas CIM dependiendo de las distintas combinaciones de integración y tipos de ésta que se presenten. Aunque, a priori, cualquiera de ellas podría ser posible, se han identificado cuatro con mayor probabilidad de ocurrencia, las cuales pasamos a describir seguidamente (Melnyk y Ramasinham, 1992, pág. 79).

CIM I: Sólo se produce una integración funcional en el ámbito del Subsistema de Operaciones, acompañada de la automatización de los procesos de planificación y control de la producción. Este es el tipo más adecuado cuando la empresa compite en un mercado maduro, con productos estandarizados y bases para la competencia claramente definidas, basadas prioritariamente en los precios y, consiguientemente, en los costes. El objetivo básico es, por tanto, lograr la eficiencia y eficacia en la producción.

CIM II: La integración se produce entre los Subsistemas de Marketing y Operaciones. Suele presentarse en mercados en los que los productos están en su fase de madurez, pero la competencia no se limita a precios, lo que genera la necesidad de poder introducir cambios en las posibilidades de actuación del sistema. No sólo ha de buscarse la automatización de la planificación y control de la producción, sino también de las tecnologías para el diseño de productos y procesos. Se trata de un tipo de CIM transitorio, desde el cual las empresas se desplazan hacia el tipo I o hacia el III.

CIM III: Las empresas que adoptan este tipo de CIM suelen estar fuertemente integradas internamente, pero muy escasamente en relación con sus clientes y proveedores. La empresa compite en calidad, costes totales, rapidez en las entregas y flexibilidad. Su mix de productos es más amplio y está sujeto a mayores cambios. Son varias las circunstancias que hacen de esta modalidad de CIM la más adecuada de todas. La primera de ellas afecta a las empresas que deben enfrentarse a mercados de consumo masivo, puesto que continuamente habrán de esforzarse por generar nuevos y mejores productos; su proceso de diseño e introducción en el mercado requiere la integración funcional, organizativa y estratégica. La segunda circunstancia que hace este tipo adecuado se da cuando la empresa vende «capacidad resolutiva» a sus clientes, es decir, cuando éstos se enfrentan a un problema específico que requiere contar con tecnología, experiencia y capacitaciones de las que en este momento carece. En esta situación, el comprador plantea su problema y el suministrador ha de resolverlo. Por último, este sistema puede ser el apropiado cuando un sistema CIM pequeño esté trabajando con uno mayor, actuando el primero como vehículo para la integración del segundo. Si no se lograse la integración, sería preciso acudir al siguiente tipo de CIM.

CIM IV: Es el tipo más complejo ya que son necesarios todos los tipos de integración como requisito previo para la colocación de cualquier producto en el mercado. Es el adecuado cuando el producto se encuentra en las primeras etapas de su ciclo de vida.

11.3. BARRERAS A LA FABRICACION INTEGRADA POR ORDENADOR (CIM)

Como se señalaba en el Capítulo 10, el concepto CIM supone una forma de organizar las tecnologías de fabricación con la finalidad de conseguir un flujo de información alisado, una mayor eficiencia, una mejor calidad, un desarrollo del producto más rápido y una flexibilidad reforzada para alcanzar las necesidades de los clientes. Estas características hacen de CIM un elemento relacionado con las organizaciones y su diseño, dado que las técnicas y naturaleza de la integración han de ser diseñadas a la medida para cada compañía y sus peculiares características.

Si bien es cierto que existen algunos sistemas que incorporan módulos claves para que CIM pueda existir, también es cierto que no puede afirmase que exista ya un número representativo (si es que hay ya algún caso de una auténtica y completa instalación o entidad CIM). Todavía se da una fuerte necesidad de desarrollo e investigación en las áreas de informática, comunicación, ingeniería del conocimiento y fabricación para poder alcanzar los beneficios de una concepción sistémica y global, que es un aspecto clave de la filosofía CIM.

11.3.1. Problemas tecnológicos que dificultan el éxito de CIM

Algunos de los problemas tecnológicos que, por el momento, carecen de respuesta son los siguientes:

- La modelización sólida en tres dimensiones del CAD precisa de una elevada potencia informática, a la que hay que añadir la incapacidad del software existente para almacenar y manipular los datos de diseño relativos a las características físicas de un producto y la transmisión de esta información a las estaciones de proceso con el menor número de etapas o pasos necesarios.
- La no disponibilidad de sistemas completos de ingeniería para el diseño mecánico que incluyan elementos para la simulación, pruebas interactivas y modificación del diseño para un amplio rango de aplicaciones.
- La incapacidad del software para desarrollar verificaciones en tres dimensiones de los programas de control numérico, utilizando simulaciones basadas en CAD y en los programas que dirigen el funcionamiento de las máquinas-herramientas o estaciones de trabajo.
- La incapacidad para desarrollar de forma automática el control de calidad durante el proceso, de modo que se pudiera evitar la inspección de piezas de distintos tamaños y formas mientras éstas estuvieran en las máquinas.
- La no disponibilidad de robots con visión en tres dimensiones y de movilidad robusta en entornos con tareas complejas y relativamente poco estructuradas.
- La capacidad inadecuada de hardware y software para los sistemas flexibles de ensamblaje de piezas mecánicas.
- La incapacidad del software para diagnosticar automáticamente las averías de las máquinas flexibles y de los sistemas de ensamblaje, así como la falta

de estandarización de las conexiones o interfaces de software entre los distintos componentes de un entorno de ensamblado y fabricación flexibles (FAS/FMS).
- La falta de estandarización en los interfaces entre la amplia gama de equipos informáticos de una planta integrada y la no disponibilidad de una red estándar de comunicaciones.
- La inadecuación de los sistemas de software para la gestión de las bases de datos, que no permiten mejorar el almacenamiento, clasificación, manipulación y gestión de los datos como recursos organizativos de la planta productiva.

Una parte sustancial de estos problemas parece estar surgiendo del fracaso del software, que, por el momento, no es capaz de conseguir cubrir las necesidades de diseño y creación de una red de comunicaciones entre aplicaciones. Por una parte, se deben a los problemas de integración de las diferentes islas de automatización y, por otra, a la falta de un lenguaje común, la cual se convierte en una importante barrera para la difusión e intercambio de los datos descriptivos de un producto. Algunos avances importantes se han logrado ya con la emergencia de las normas ISO/OSI y protocolos como MAP[1].

11.3.2. Problemas organizativos que dificultan el éxito de CIM

A pesar de la existencia de problemas tecnológicos pendientes de solución, podría especularse que la tecnología disponible es ya lo suficientemente avanzada como para proporcionar ventajas estratégicas a las empresas adoptantes. Esta visión reúne cierta credibilidad puesto que se cuenta con la evidencia empírica aportada por algunas entidades japonesas (Jaikumar, 1986). La dificultad puede radicar no tanto en los problemas técnicos aún no resueltos como en realizar la transformación organizativa requerida por la adopción de la tecnología y su implementación. Conviene recordar que el concepto CIM en su más amplio sentido no se limita a la automatización integrada del sistema productivo, sino que pretende lograr la total integración de la unidad de negocio. Es por ello que los problemas más complejos pueden ser aquéllos relacionados con las personas, los cuales van a tener una importante incidencia sobre el diseño del trabajo[2] y la política informal de la organización.

11.3.2.1. *Planificación de la implementación y enfoque estratégico*

Antes de que una empresa tome la decisión de adquirir e implementar nuevas tecnologías en una firma, ésta debe haber desarrollado una cierta *habilidad empresarial para estar al tanto de los desarrollos tecnológicos y actuaciones de la competencia*, lograda a través de mecanismos de seguimiento y escrutinio. En segundo lugar, debe proceder a la *identificación de las propias deficiencias internas en el rendimiento* por medio de sistemas de control adecuados, que demuestren lo apropiado de utilizar la tecnología CIM como una posible solución. En tercer lugar, ha de perseguir la *consolidación e integración de la solución en planes de acción estratégicos factibles*. En cuarto y último lugar, la firma habrá de desarrollar la *capacidad de anticipar las repercusiones de la adquisición de la tecnología sobre la organización* (Gaynor, 1991, págs. 165-166). Por tanto, el objetivo o enfoque estratégico seguido por la organización va a ser un factor clave.

Las consideraciones financieras tienden a dominar la estrategia corporativa. Esta actitud otorga prioridad al objetivo de mantener una cartera diversificada que permita una minimización del riesgo para un conjunto dado de oportunidades, en lugar de dirigir los esfuerzos hacia el objetivo emprendedor de creación de éstas. Aunque esta actitud pueda haber sido aceptable en el pasado, en el que las empresas operaban en un mercado relativamente estable, la competencia global actual exige atender a las necesidades de los clientes en términos de calidad, fiabilidad y flexibilidad ante los cambios en la ingeniería de diseño, volúmenes de fabricación, tiempos de entrega, etc. De la economía de escala se ha pasado a la de alcance, en la que los pequeños tamaños de lotes proclamados por la filosofía de fabricación y distribución Justo a Tiempo se buscan cada vez más. Su obtención depende directamente de una nueva actitud, acompañada por la formulación de la adecuada estrategia y su eficaz implementación.

Son varios los factores que pueden influir sobre el proceso de formulación de la estrategia empresarial, como el sistema de valores de la empresa, su deseo de ir marcando el camino en la tecnología y sus capacidades internas, así como las restricciones externas del entorno bajo la forma de incertidumbre económica, social o política. A ellos se une que, a diferencia de las oportunidades tradicionales de inversión (por ejemplo: la modernización incremental, el desarrollo de nuevos productos, la sustitución de equipos obsoletos, etc.), la implementación de CIM implica un cambio organizativo de primera magnitud, con un amplio potencial para afectar a los roles funcionales y a los vínculos de poder establecidos entre los agentes organizativos. Todos los problemas de resistencia ante el cambio, la necesidad de contar con un líder que lo dirija, la adopción de nuevos patrones de comunicación, etc., se convierten en una realidad tangible ante la implantación de CIM.

11.3.2.2. *La implementación de CIM y la estrategia de recursos humanos*

Este terreno es particularmente importante porque, independientemente del atractivo de los beneficios y sofisticación de las nuevas tecnologías, a menos que se lleve a cabo una planificación de la implementación que detalle los aspectos ligados al adiestramiento, desarrollo de habilidades, motivación, participación, sistemas retributivos y de recompensas, etc., el resultado será un fracaso muy frustrante. Un aspecto destacado de CIM es la incapacidad de la Dirección para identificar los tipos de cambio organizativo necesarios: puesto que las tecnologías englobadas en CIM incorporan un nivel elevado de control informatizado de los procesos de planificación, fabricación y otros aspectos organizativos, los papeles funcionales van a verse envueltos en cambios importantes (Gerwin y Kolodny, 1992, pág. 94). Particularmente, cuando se pretende instalar CIM en entidades manufactureras con un proceso productivo en marcha, en las que existen numerosos trabajadores con experiencia en los métodos tradicionales de gestión de la producción y operaciones, pueden generarse dudas razonables sobre la factibilidad de su readiestramiento.

[1] El modelo OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) es un estándar de la Organización Internacional de Estándares (ISO) que especifica la estructura conceptual de sistemas que se comunican entre sí. MAP son las siglas de Protocolo para la Automatización de la Manufactura, que es un protocolo de red de banda ancha con bus (senda de comunicación a la que se puede acceder desde diferentes nodos) del tipo *token*, basado en el modelo OSI y que puede ser utilizado por una amplia gama de entornos manufactureros.

[2] Véase Capítulo 6.

El uso de las tecnologías avanzadas de fabricación está envuelto, por el momento, en un ambiente de incertidumbre, relacionada con el tiempo y la naturaleza de los eventos estocásticos que pueden tener lugar. Por lo que respecta a la incertidumbre temporal, ésta repercute sobre los operarios en tanto que deben responder rápidamente ante los posibles fallos que se puedan producir en el sistema, apoyándose en sus conocimientos, experiencia y, en ocasiones, intuición. Puesto que no todas las posibles soluciones están recogidas en las aplicaciones de software, los operarios necesitan una mayor autonomía y discrecionalidad en la toma de decisiones en sus respectivos trabajos, lo que lleva a la necesidad de descentralizar el proceso de toma de decisiones. En relación a la incertidumbre de los eventos estocásticos, la imposibilidad de su predicción demanda de los operarios un repertorio más amplio de respuestas. Esto afecta a la formación, nivel de destreza, aprendizaje y acceso a la resolución de problemas por parte de los trabajadores. Una forma de conseguir los niveles necesarios en capacidad de respuesta puede ser la creación de grupos de trabajo. Ello conduce a estructuras jerárquicas más planas, pues la cadena de control vertical es insuficiente para satisfacer las necesidades planteadas por esta incertidumbre (lo cual no presupone el olvido de los problemas asociados a la pertenencia al grupo, la cohesión o la distribución del conocimiento y el «saber hacer»). La naturaleza estocástica difiere en función de que se trate de eventos abstractos, esto es, no observables directamente por los operarios (por ejemplo: fallos en el hardware) o de eventos continuos, es decir, períodos en los que la tecnología discreta, como, por ejemplo, CAM, actúe como un proceso productivo de tipo continuo; en este contexto, los errores pueden producirse con alta frecuencia, por lo que han de generarse un conjunto de instrucciones para hardware y software.

Las habilidades necesarias cuando los eventos son estocásticos difieren bastante de las requeridas cuando la tecnología empleada es determinística y predecible. El control numérico, por ejemplo, reduce la necesidad de esfuerzo físico, pero incrementa la necesidad de habilidades perceptuales y conceptuales. No supone la total sustitución de las destrezas adquiridas por el operario al trabajar con máquinas de control manual y tecnología tradicional, sino que éstas pueden ser empleadas para percibir mejor las desviaciones que se producen en operaciones como el ensamblaje y corregirlas en los casos en que sea posible. El Cuadro 11.3 refleja muy sucintamente las habilidades que deben reunir los operarios que trabajan en un entorno CIM.

Cuadro 11.3. Habilidades que ha de reunir la plantilla de un entorno CIM

1. **Visualización**: Algunas operaciones deben ser controladas a distancia por razones de seguridad o por el gran espacio físico ocupado por los equipos y sistemas CAM. La visualización en este tipo de situaciones es iniciada desde datos disponibles en una terminal lejana, de entre los cuales hay que extraer los auténticamente relevantes, obteniendo así una interpretación razonable del fenómeno objeto de observación. El operario, consecuentemente, debería ser capaz de realizar un esquema mental del proceso.
2. **Análisis conceptual:** Es importante poder desarrollar un análisis teórico del sistema tecnológico que sea capaz de incluir la integración del sistema, el cual se ve facilitado por la concurrencia de destrezas en la realización de tareas, su control, el aprendizaje y la creación.
3. **Comprensión del proceso:** El personal de planta puede controlar el proceso mejor que los sistemas automáticos cuando la variabilidad en las operaciones de ensamblaje es alta. En un sistema CAM, por ejemplo, los trabajadores y la tecnología pueden complementarse: unos piensan mientras que otros (los equipos) operan.
4. **Inferencia estadística:** Las empresas han de mantener un alto estándar de calidad; uno de los hechos que la incrementan es la descentralización de la responsabilidad, a fin de que el proceso productivo pueda ser medido y controlado por los operarios. Para esto es preciso que reúnan algunos conocimientos sobre inferencia estadística.
5. **Comunicación verbal:** La existencia de alta descentralización impone la existencia de una buena comunicación interpersonal dentro de los grupos de trabajo. Este sistema ha de permitir que personal de planta, de ingeniería y de mantenimiento se comuniquen, a fin de resolver problemas con precisión y rapidez y de que se fomente la mejora del proceso. Esta comunicación es especialmente importante en las operaciones de ensamblaje.
6. **Atención:** En los entornos de tecnologías estocásticas el sistema puede funcionar durante muchas horas con relativa estabilidad, lo que dificulta el mantenerse en alerta permanente durante dicho período de tiempo.
7. **Responsabilidad individual:** La responsabilidad aumenta a medida que se incrementa el nivel tecnológico y la descentralización. Para que pueda aumentar, operarios e ingenieros habrán de tener acceso a la misma información que directivos y supervisores.

Obviamente, los operarios no pueden tener la responsabilidad de emprender cualquier acción tendente a la reducción de incertidumbre. Una parte importante de la responsabilidad recae sobre los diseñadores del sistema CIM, los cuales cuentan al menos con tres opciones para controlar y reducir la aparición de problemas, perturbaciones o inconveniencias impredecibles. Estas opciones son (Badawy y Badawy, 1989, pág. 2):

- **Recurrir a una estrategia de reducción de incertidumbre**. Esta estrategia se concentra en la eliminación de las imperfecciones de los materiales del sistema y en asegurar una alta calidad y fiabilidad de todas las herramientas de mantenimiento y apoyo. Aunque todavía no pueden generalizarse situaciones de defecto cero, éste tiene que ser el ideal u objetivo a perseguir si se sigue esta opción.
- **Optar por el perfeccionamiento tecnológico.** La empresa puede optar por predecir todas las posibles perturbaciones de los equipos de fabricación avanzada (AMT) y desarrollar soluciones de hardware y software para hacerles frente y resolverlas, ayudando también a predecir cuál debe ser el comportamiento de todas las personas involucradas en el proceso productivo. Este enfoque corresponde al modelo jerárquico y burocrático convencional, con las disfuncionalidades consiguientes.
- **Intentar un enfoque integrador**. Los diseñadores pueden especificar planes que dependan de las habilidades de los operarios cualificados, con un amplio repertorio de respuestas que puedan aplicarse en caso de necesidad.

11.4. PRINCIPIOS GENERALES PARA LA IMPLEMENTACION EFICAZ DE CIM

En este epígrafe se describen las pautas y normas a seguir en el diseño de la implementación de un sistema CIM. Estas deberán surgir de un **análisis conceptual previo** y de la **delimitación de unos principios operativos**.

Se comenzará, pues, con el análisis de los principios conceptuales relacionados con el diseño, implementación, desarrollo y mantenimiento del sistema CIM, a partir de los cuales se podrán comprender y determinar las repercusiones y

trascendencia del sistema y abordar la planificación de unas expectativas realistas. Conocidos estos principios, se procederá a detallar la situación actual de la empresa que pretende instalar el CIM y las oportunidades técnicas y estratégicas de dicha opción a fin de determinar la inversión tecnológica más interesante para la firma; este análisis previo es importante dada la ingente necesidad de recursos financieros para instalar un CIM y el importante cambio organizativo que tiene que producirse. Por último, habrán de diseñarse unos principios operativos que rijan la implementación y uso del sistema CIM (Melnyk y Ramasinham, 1992, pág. 89).

11.4.1. Análisis conceptual previo

La tecnología es el elemento puente que permite transformar un sistema manual en un sistema CIM, de tal modo que si el primero es ineficiente, sus deficiencias se van a trasladar al segundo; es por ello que, antes de proceder a la instalación del nuevo sistema, sea necesario conocer las debilidades del actual a fin de que puedan ser solventadas con anterioridad a la introducción de CIM. De no proceder así, la implementación de CIM no conducirá a una mejora de las fortalezas de la empresa y sí a un empeoramiento de sus debilidades. Será necesario recordar que *la integración informatizada actúa como una lente de aumento que amplifica las deficiencias del sistema de partida.*

Otro aspecto a tener presente es que el uso más eficaz de la tecnología informatizada se alcanza cuando ésta es utilizada para liberar al personal de las tareas más repetitivas, lo que conduce a un perfeccionamiento de las operaciones y del funcionamiento del sistema. La informatización concede a los operarios mayor tiempo para la resolución de problemas y para pensar y desarrollar soluciones. Consiguientemente, puede extraerse el principio de que *el concepto CIM y la informatización contribuyen a aumentar la productividad de los trabajadores.*

Tanto para conseguir el referido aumento de productividad como para obtener las ventajas de la integración, la introducción de CIM debe servir para diseñar sistemas de trabajo integradores, los cuales permitan establecer estructuras competitivas adecuadas que, para cada familia de productos, faciliten la actuación conjunta de todas las personas que trabajan en su diseño, planificación de la producción y posterior ejecución. La automatización integrada debe partir del hecho de que la toma de decisiones es responsabilidad de las personas y no de las máquinas, lo cual supone, por ejemplo, que se utilicen los sistemas expertos para ayudar a los decisores y no para suplantarlos.

La arquitectura del sistema CIM no debe crearse, por tanto, en torno al concepto de *Mainframe*, dado que la utilización de ordenadores descentralizados vinculados a una red local reporta numerosas ventajas a las personas que trabajan con el sistema; las decisiones deben tomarse en el propio lugar de trabajo, que es donde mejor se pueden juzgar sus efectos y donde es posible ajustar competencia y capacidad de respuesta, debiéndose intentar evitar por todos los medios que el conjunto de datos sea recogido y centralizado en una única «super» memoria. De acuerdo con este objetivo, sólo aquella parte de la información de una estación CIM que pueda ser necesitada por otras estaciones debería pasarse al nivel superior de la arquitectura; se consiguen con ello ventajas importantes, como que la cantidad de datos recogida en la memoria central sea manejable o la consecución de una mayor libertad de actuación de los trabajadores de cada estación. Adicionalmente, los diferentes módulos han de tener un interface «humano» común, esto es, deben estandarizarse los comandos, diálogos, reacciones del sistema, formato de la base de datos, etc., sin olvidar que los programas de formación y adiestramiento son necesarios para que los trabajadores conozcan cómo es el procesado de la información. Así pues, el principio conceptual a tener presente es que *los sistemas CIM han de diseñarse para lograr la mayor interacción posible con los usuarios.*

Por último, no puede olvidarse que la empresa puede no estar preparada para afrontar el cambio en un momento concreto. En general, las organizaciones presentan una gran resistencia a la introducción de CIM porque genera incertidumbre y retrasos durante sus primeras etapas de implementación, los cuales se pueden clasificar en cuatro tipos de **rechazos**: de **personal**, que se produce cuando los empleados u operarios no reúnen las cualificaciones o destrezas necesarias; **organizativo**, que tiene lugar cuando las estructuras de la empresa son inadecuadas (por su escasa integración y alta rigidez); **informativo**, que se manifiesta cuando el sistema de información no está preparado para atender a las demandas del nuevo sistema; y **estratégico**, que se genera por la incapacidad de la firma para valorar el impacto de la nueva tecnología en relación a la capacidad competitiva de la empresa. Deberá recordarse, por tanto, que *la implementación de CIM ha de vencer una fuerte resistencia organizativa.*

11.4.2. Principios operativos

Es esencial que las empresas reconozcan que *sólo deben adquirirse aquellas tecnologías que sean estrictamente necesarias para alcanzar los objetivos de la firma y del Subsistema de Operaciones.* En este sentido, por los motivos que a continuación se exponen, debe huirse de la tentación de adquirir todos los nuevos avances tecnológicos disponibles:

- Las nuevas tecnologías suelen ser costosas, relativamente difíciles de usar y requieren mayor adiestramiento; todo ello unido a un mantenimiento más costoso y difícil.
- Las inversiones son elevadas y exponen a la empresa a altos riesgos, que pueden conducir, en el mejor de los casos, a una cierta pérdida inicial de posición competitiva y, en el peor, al fracaso completo de la empresa.
- No se dispone de información histórica sobre la duración y eficiencia de la nueva tecnología y se pierde, además, tiempo y esfuerzo en la identificación de posibles problemas de su capacidad antes de su aplicación y uso.

Partiendo de la consideración anterior se procederá a establecer los principios operativos a seguir durante las fases de selección de los equipos a adquirir y su posterior implementación y uso, los cuales son comentados seguidamente.

En lo que se refiere a la **selección de la tecnología Hardware y Software**, son **dos** las **opciones** disponibles para la empresa. La primera de ellas consiste en invertir en **tecnología estándar**; esta opción tiene el problema de que se trata de tecnología genérica por definición y exige que cada empresa introduzca las modificaciones pertinentes para adaptarla a su casuística específica. La segunda opción sería invertir en **tecnología específica**, lo que supone diseñar una tecnología adecuada a las necesidades particulares de cada empresa. La primera opción reviste una menor dificultad ya que:

- Los componentes estandarizados tienen un menor coste y son más sencillos de implementar.

- Los componentes estandarizados son más fiables que los diseñados ad-hoc.
- El mantenimiento es menos complicado.
- Incorporan una mayor flexibilidad.
- Simplifican el proceso de mejora.

La instalación de CIM debe iniciarse tras la simplificación previa del sistema actual; ésta es necesaria básicamente por dos razones. La primera es que el tiempo requerido para la implementación será menor, la gestión y el mantenimiento serán más sencillos y lo mismo ocurrirá con la formación del personal. La segunda es que el período previo a la implementación de CIM permite un mejor desarrollo del proceso y un mejor conocimiento de los elementos de éste, lo que conduce a la elaboración de un sistema más eficaz.

No puede olvidarse en ningún caso que *la Alta Dirección desempeña un papel fundamental en el proceso de implementación*, en tanto que es la encargada de asignar los recursos y de imponer el sistema si fuese necesario. Como ya se mencionó anteriormente, uno de los principales problemas de la implantación de CIM es la resistencia generalizada de la organización ante el cambio, la cual conduce a que la Alta Dirección pueda reservarse la responsabilidad y autoridad de imponerlo.

Con frecuencia, el proceso de implementación descansa en la actuación de comités, a pesar de que no es ésta la estructura más adecuada dada la inherente dificultad de la consecución del consenso. El empleo de comités suele conducir a pequeñas desviaciones parciales del objetivo CIM que, al sumarse, pueden provocar la aparición de resultados radicalmente distintos a los perseguidos por la organización en un principio. Si esto sucede, es de nuevo la Alta Dirección la responsable de la toma de medidas correctoras. Así pues, *la responsabilidad de la implementación del CIM debe ser asumida por la Alta Dirección* y ejercerse sobre el resto de la plantilla; sin embargo, la implementación en sí debe realizarse de forma completamente opuesta, es decir, *el sistema CIM debe ser sostenido y apoyado por los operarios finales*, los cuales son los responsables de su éxito o fracaso en el día a día. Debe ser también la Alta Dirección la que intente resolver todos los problemas inherentes a los diferentes cambios generados como consecuencia de la adopción de CIM. Cuando la introducción de un cambio tiene una alta probabilidad de generar un número elevado de problemas, debe reducirse la velocidad y el esfuerzo dedicado a realizar otras modificaciones simultáneas. Este es el único medio de que se pueda dedicar la atención adecuada a cada problema.

Por lo que respecta a la instalación de CIM, éste ha de irse construyendo módulo a módulo, de forma que sólo cuando un módulo haya sido implantado e integrado con éxito, se abordará la introducción del siguiente. Esta forma de **implementación progresiva** reúne las siguientes **ventajas** (Melnyk y Ramasinham, 1992, pág. 113):

- Las inversiones son menores.
- Los problemas ocasionados disminuyen en número e importancia.
- Se reduce el riesgo al que la empresa se expone.
- Se favorece el aprendizaje parcial y progresivo de los diferentes módulos y de sus capacidades y limitaciones, tanto por parte de la Dirección como de los operarios.

Como es obvio, el proveedor nunca debe ser hecho responsable del suministro de todos los elementos necesarios para la integración de la empresa. La responsabilidad del diseño, implementación y utilización de CIM corresponde únicamente a la Dirección, que es la que debe asegurarse de que el sistema actual o de partida esté integrado y la que debe decidir qué componentes CIM se utilizarán y cómo se integrarán. *Los proveedores sólo han de responsabilizarse de suministrar las mercancías y servicios solicitados por la Dirección* (por ejemplo: componentes de hardware, software y adiestramiento en su uso).

11.4.3. A modo de resumen

Los principios descritos con anterioridad deben ser continuamente ajustados para construir un sistema CIM eficaz. Todos ellos pueden resumirse en cuatro aspectos claves:

- **Coherencia con la Estrategia Corporativa**: la implementación de CIM debe ser consistente con los objetivos de la corporación y su dirección estratégica.
- **Integración previa**: con anterioridad a la implementación de CIM, cualquier empresa ha de asegurarse de que sus operaciones y bases de datos estén integradas y las actividades de los diferentes grupos coordinadas.
- **Simplificación del sistema manual**: la informatización de las operaciones sólo deberá realizarse cuando el sistema manual al que reemplaza sea eficiente y se haya simplificado. Estas actuaciones previas redundan en la economicidad de la implementación.
- **Adquisición de los soportes técnicos suficientes**: la implantación de una nueva tecnología suele estar orientada por la búsqueda de solución de un problema concreto y la adquisición de las características más avanzadas. Toda empresa deberá estandarizar sus adquisiciones siempre que sea posible y evitar adquirir más medios técnicos de los realmente necesarios.

Antes de terminar, conviene señalar que *las **diferencias críticas** que conducen al éxito o al fracaso en la implementación de CIM no radican realmente en las actuaciones emprendidas, sino en el orden en que son realizadas*. La secuencia que suele llevar al éxito es la siguiente: Enfoque estratégico ⇒ Integración y simplificación ⇒ Automatización. Por el contrario, la secuencia que suele estar abocada al fracaso es: Automatización ⇒ Simplificación ⇒ Integración ⇒ Enfoque estratégico.

El Cuadro 11.4 (adaptado de Bessant, 1991, pág. 147) resume las condiciones necesarias para la adecuada implementación de un sistema CIM, distinguiendo entre los distintos tipos y niveles de integración.

11.5. EL CONCEPTO CIM Y EL DISEÑO ORGANIZATIVO

El énfasis en las innovaciones manufactureras está puesto en la integración tecnológica y organizativa, siendo esta última particularmente relevante, puesto que, sin el esfuerzo organizativo que la implantación de CIM implica, no pueden alcanzarse todos los beneficios de sistemas de automatización parciales tales como el diseño y la fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) o la planificación de las necesidades de recursos (MRP II). Como se ha señalado ya, la implementación de CIM tiene que estar acompañada y precedida por una valoración estratégica de los fines de la empresa, sus estructuras, prácticas y actitudes.

Cuadro 11.4. Tipos y niveles de integración necesarios para la eficaz implementación de CIM

Nivel de integración	Técnica	Información	Estratégica	Funcional
0	Sin integración de hardware o software	No hay necesidad de compartir información	Claro entendimiento de los objetivos y propósitos a nivel local	No hay necesidad de integración funcional
1	Informatización aislada	Orientación local, se comparte una pequeña parte de la información con las áreas más próximas	Claro entendimiento de los objetivos locales, extendido a sus límites y relaciones con el sistema	Aplicación local, sin integración importante entre funciones ni información compartida
2	Integración funcional de hardware y software	Base de datos compartida	Impacto multifuncional, que demanda objetivos compartidos y mayor entrega a los objetivos globales	Integración de distintas áreas funcionales, que demanda un enfoque alternativo de las operaciones
3	Se requieren altos niveles de integración en hardware y software	Necesidad creciente de ampliar la información compartida por todo el sistema	Desplazamiento creciente hacia objetivos globales	Fusión creciente de las funciones (con necesidad de romper barreras) y aparición de nuevas formas organizativas
4	Niveles muy altos de integración y descentralización mediante redes informáticas	El CIM depende de una base de datos común y de flujos de información desplazados mediante las redes informáticas	Amplios niveles de entendimiento y dedicación a los objetivos estratégicos de la organización	La organización ha de integrarse en su conjunto para el funcionamiento de CIM

De forma paralela, puede decirse que conceptos como la fabricación Justo a Tiempo (JIT) o la gestión de la calidad total (TQM) no alcanzarán su máxima eficiencia si se carece de algún tipo de sistema de tecnología de la información, la cual, con alta probabilidad, contendrá algunos elementos asociados a CIM. Las actuaciones a emprender deberán tener en cuenta los factores que se presentan seguidamente (Campbell y Warner, 1990, págs. 256-257).

11.5.1. Horizontal *versus* vertical

Las estructuras directivas en un sistema flexible de producción pueden ser predominantemente verticales u horizontales. Si se enfatizan las verticales, papeles y tareas están bien definidos y la comunicación sigue, en teoría, las líneas de la

autoridad jerárquica. Si se enfatizan las horizontales, la delegación de autoridad es mayor y la comunicación es más abierta. Este último tipo de organizaciones suele ser más capaz de adaptarse y es el que mayores probabilidades reúne de conseguir el éxito en épocas de cambios rápidos. En la actualidad, las empresas están siendo presionadas para que se desplacen hacia estructuras más horizontales, no sólo por la tendencia de cambios, sino también por las cualidades intrínsecas de las nuevas tecnologías. El proceso va a acelerarse por las mayores redes de lazos informales que tienen lugar cuando se utilizan estructuras de grupos y proyectos o matriciales[3]. Asimismo, es conveniente tener presente que se ha estimado que, con la introducción de nuevas tecnologías, se eliminarán los puestos de supervisión. Si esto sucede, el papel desempeñado por los mandos intermedios se ampliará. También es posible pensar que pierdan parte de sus responsabilidades y cometidos, porque la Alta Dirección pueda confiar más en los medios electrónicos.

11.5.2. La complejidad técnica y la adaptación organizativa: la paradoja de CIM

Se ha asumido con demasiada frecuencia que las respuestas organizativas se van a mantener a la misma velocidad de la tecnología y que éstas serán adecuadas. De hecho, algunos directivos tienden a infravalorar las repercusiones de la tecnología sobre la estructura o, lo que es todavía más peligroso, a suponer que las nuevas tecnologías se ajustan perfectamente a todas las estructuras, prácticas y suposiciones de la empresa, por lo que toman sus decisiones de adquisición e implementación partiendo de esta base. En otras palabras, las organizaciones están instalando tecnologías con estructuras «ex-ante», suponiendo que éstas permitirán obtener un nivel de rendimiento estimado previamente. De hecho, la Dirección no tendería a instalar nuevos sistemas si no creyera que iba a poder gestionarlos. Sin embargo, las estructuras de control que surgen «ex-post» suelen ser algo distintas a las esperadas.

Cuando se hace referencia a la complejidad organizativa se alude en realidad a la interdependencia de la forma de gestión. Puede decirse que, en una mayoría de los casos, una mayor complejidad técnica conduce a una mayor interdependencia organizativa. Esta puede significar potencialmente una mayor dificultad en términos de una gestión integrada del sistema. La cuestión sería entonces: ¿conduce esta potencialidad a una pérdida de control? o, por el contrario, ¿conduce a un control mucho mayor del que pensábamos?

Con el advenimiento de las tecnologías de la información ha surgido lo que podríamos llamar una «paradoja tecnológica». Con ello queremos decir que con cada nuevo desarrollo es mayor el potencial para la descentralización y para la recentralización. Esta paradoja se deriva en parte de la más temprana aparición de los *mainframes*, que son herramientas para la centralización, y la más tardía de sus sucesores, los microordenadores. Si hubiese sucedido al revés, las estrategias de descentralización se habrían desarrollado más. Con la introducción de CIM la complejidad puede alcanzar límites insospechados. La paradoja de CIM se basa en que, conforme se generan sistemas cada vez más complejos, aparecen mayores posibilidades para la integración a niveles superiores.

[3] Para un estudio de las estructuras organizativas y las nuevas tecnologías puede acudirse a Dussauge y otros (1992, págs. 159-161) o Gerwin y Kolodny (1992, págs. 132-140).

Tomando el concepto CIM en su más amplio sentido, la tensión entre la necesidad de una organización flexible y la necesidad de integración de las diferentes funciones y bases de datos, ya crítica para los sistemas de diseño y fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) y los sistemas de fabricación flexibles (FMS), puede dar lugar a situaciones de no optimalidad e incluso de no factibilidad. Su utilización exitosa demanda una clara ruptura con las características tradicionales de los negocios fabriles, particularmente aquéllos del mundo anglosajón. No está claro, sin embargo, cómo pueden las organizaciones humanas reflejar, de forma eficaz, el complejo entramado de interacciones vinculadas a la integración entre los sistemas informáticos y disciplinas como la fabricación Justo a Tiempo (JIT) y la gestión de la calidad total (TQC). Sí están claras, no obstante, algunas actuaciones que deberían emprenderse, como, por ejemplo, huir de las perspectivas de negocio a corto plazo, originadas por las prioridades de los inversores, o de las interpretaciones parciales del proceso de planificación (Campbell y Warner, 1990, pág. 260).

Otra paradoja de las nuevas tecnologías radica en que su presencia lleva a un nuevo enfoque de la Estrategia de Operaciones, hecho que puede atraer a la Alta Dirección al ámbito productivo. De entre los posibles escenarios que se podrían presentar, el más adecuado sería aquél que conllevase una revalorización del papel de las Operaciones, donde los responsables de esta área se convierten en los coordinadores claves de las actuaciones de la empresa; un papel para el que necesitarían un conocimiento superior del potencial de los sistemas informáticos, así como nuevas destrezas y experiencias en las áreas de Marketing y fidelización de clientes.

11.5.3. La cultura de implementación permanente

Otro problema con CIM y sus tecnologías asociadas es que no es posible apreciar una clara separación entre las sucesivas etapas de la innovación: el desarrollo de sistemas y el acortamiento de los ciclos de vida de los productos continuarán de forma más o menos permanente y en varias direcciones simultáneas. Los efectos previsibles en el largo plazo son:

- Un poder superior de aquel agente que ejerza el mayor control sobre el desarrollo de sistemas y las estrategias y opciones disponibles en esta área.
- La perpetuación de los equipos de proyectos, junto con otros equipos particulares y coyunturales.
- En las empresas de menor tamaño, o en las que tengan menos recursos en lo que se refiere a conocimiento técnico, los consultores y/o vendedores pueden desempeñar un papel importante.

Consiguientemente, los directivos tendrán que conocer mejor las nuevas tecnologías, aunque esto no significa que tengan que ser necesariamente expertos en los aspectos técnicos de éstas. Requerirán igualmente una formación directiva específica, concentrada en «habilidades interpersonales», para poder trabajar en estructuras organizativas más complejas y menos jerarquizadas. Asimismo, habrán de ser capaces de gestionar el proceso de cambio, aspecto en el que el flujo de la comunicación adquiere una particular relevancia.

11.6. EL CONCEPTO CIM Y EL DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO[4]

En este epígrafe nos detendremos en el estudio de cómo las distintas tecnologías que conforman un sistema CIM afectan a las actividades de los principales departamentos del Area de Operaciones, entre los cuales se encuentran la Ingeniería de Fabricación, la Ingeniería Industrial y la Planificación y el Control de la Producción. Los primeros departamentos, junto con los ingenieros de diseño, son los responsables de los diseños de productos y de que puedan ser fabricados económicamente; tras su aprobación, éstos alimentarán la planificación del proceso, que incluirá los programas de control numérico, el diseño y adquisición de las oportunas herramientas y utillaje, el seguimiento preventivo del proceso productivo, las acciones pertinentes en caso de que surjan problemas, etc. El departamento de planificación y control de la producción se encarga del desarrollo de los planes de fabricación de productos, la implementación de estos planes, su seguimiento, y la elaboración e implementación de medidas correctoras cuando los planes originales lo requieran. El departamento de fabricación es el responsable directo de la producción, por lo que entre sus cometidos se encuentran la planificación de la capacidad, la programación y alimentación de los equipos, el control de talleres, el mantenimiento, la gestión de costes y la gestión de la calidad. Otras atribuciones del Area de Operaciones son el diseño de las plantas, la selección y adquisición de equipos, el diseño y la adquisición de un sistema de gestión de la información, o la automatización de los talleres.

En la actualidad, si una empresa quiere triunfar debe conseguir que todos los departamentos anteriores funcionen al unísono. Dado el relevante papel de la Planificación y Control de la Producción en la consecución de los objetivos del Subsistema de Operaciones[5], así como su relación con elevadas sumas de fondos inmovilizadas en plantas, equipos y materiales, puede concluirse que el diseño de un sistema integrado de fabricación no sólo ha de considerar la necesaria vinculación CAD/CAM, sino que, además, deberá incluir la mencionada actividad.

11.6.1. La integración CAD/CAM

Abordaremos inicialmente la etapa de planificación de procesos, responsable de convertir los diseños de los productos en instrucciones para la ejecución de todas y cada una de las piezas que lo componen. El sistema CIM no puede funcionar hasta que no se automatiza este paso, por lo que la planificación automatizada de procesos actúa como vínculo esencial entre el diseño de productos automatizado (CAD) y la manufactura automatizada de estos diseños (CAM). Es el departamento de Ingeniería de Fabricación el que tradicionalmente se ha ocupado de esta etapa, si bien en la actualidad está comenzando a ser responsabilidad compartida con el departamento de Ingeniería de Diseño, bajo los auspicios del concepto «Diseño para la Fabricación» (DFM) (véanse Capítulos 4 y 5). Ya se ha indicado cómo el movimiento hacia la automatización cuestiona el patrón convencional de especialización funcional; así, surge, por ejemplo, la necesidad de que estos departamentos trabajen juntos para desarrollar productos que sean adecuados para su elaboración en sistemas de fabricación flexibles (FMS). La esencia de esta integración no radica en eliminar la destreza del especialista, sino en hacerla actuar de

[4] Además del contenido del presente libro, es aconsejable ver J.A.D. Machuca y otros (1994).
[5] Véanse Capítulos 2 y 3 y J.A.D. Machuca y otros (1994).

forma combinada con los problemas de diseño, producción y venta de los artículos, creando una visión única y sistémica del proceso. Esta filosofía es particularmente importante en el ámbito de la automatización flexible del ensamblaje (FAS), en el que pequeñas modificaciones en el diseño de un artículo pueden eliminar la necesidad de manipulaciones complejas en el sistema automatizado (véase Capítulo 10).

Los planes de proceso se han venido desarrollando de forma manual durante un largo período de tiempo; este procedimiento consiste en descomponer en porciones el flujo de información, tratarlo y enviarlo a los departamentos (véase Figura 11.1 (Bedworth y otros, 1991, pág. 237)).

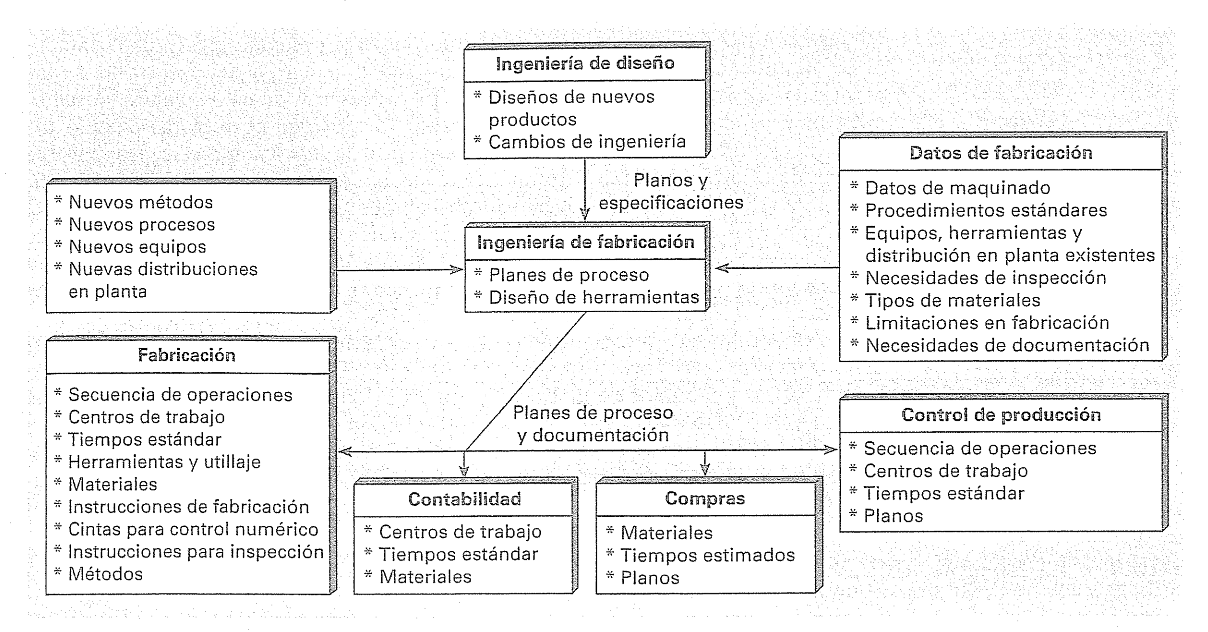


Figura 11.1. El flujo de información de la planificación de procesos.

El procedimiento manual se iniciaba con la observación del plano de una determinada pieza, a partir del cual se desarrollaban las instrucciones pertinentes para su producción; para ello era preciso conocer detalladamente la forma de operar de la planta productiva y los costes asociados a las diferentes alternativas de fabricación de una pieza. En las empresas más «formalistas», los pasos a seguir en la planificación del proceso están más o menos estandarizados y recogidos en un manual. En otras muchas, sin embargo, esta actividad se desarrolla sobre la base de la habilidad y memoria del planificador, lo cual conduce a que las instrucciones para la fabricación varíen en función del encargado del proceso (cuanto mayor sea su conocimiento de las operaciones de la planta, mejores instrucciones puede dar) y del momento en que éste interprete los planos (también puede suceder que cuando se vayan a ejecutar las instrucciones no se cuente con los equipos prescritos por el planificador porque estén siendo reparados o estén ocupados en la realización de otros trabajos, etc.). Esta divergencia conduce a diferencias en los tiempos de fabricación, costes de las piezas, calidades, etc., razón por la cual debería ser evitada. Conforme las empresas van adentrándose en el

camino de la automatización integrada han de ir modificando la planificación del proceso, a fin de que ésta pueda automatizarse también[6]. Esta automatización puede ser parcial, en cuyo caso contará con cierto apoyo manual o, por el contrario, basarse únicamente en sistemas informatizados y eliminar los sistemas manuales.

En el primer caso, conocido también como **aproximación variante**, se parte de un sistema informático (en general «amigable» para que sea de fácil uso) al que se asignan las tareas de almacenamiento y entrega de datos, el cual será empleado por el planificador para desarrollar su tarea. Se cuenta también con una base de datos que contiene planes de proceso estándares, los cuales proporcionan, para cada familia de productos, todas las instrucciones necesarias para la fabricación de las piezas pertenecientes a cualquiera de los componentes de esa familia; estas instrucciones se generan utilizando los principios de la Tecnología de Grupos y se archivan en el ordenador. *La planificación del proceso comenzará entonces con la asignación de cada pieza o componente a una familia. Identificada ésta, se seleccionará el plan estándar de proceso* para la misma y, si fuera necesario, se incluirán comentarios o instrucciones adicionales si la pieza reúne alguna particularidad no recogida en el plan estándar. Si no es posible asignar el componente a ninguna familia ya existente, será tarea del planificador la elaboración del que pasará a ser el plan estándar de proceso de ese componente y cualesquiera otros que pudieran asignarse a la familia a la que pertenecerá en el futuro. Esta forma de desarrollar la planificación del proceso supone un importante ahorro de tiempo con respecto al procedimiento manual y, adicionalmente, asegura una alta homogeneidad entre los planes a ejecutar para la realización de piezas similares. Uno de los primeros sistemas automatizados de planificación de procesos de este tipo es el CAM-I APP, cuyo desarrollo se completó en 1976. Desde entonces han ido surgiendo y comercializándose diferentes sistemas, tales como CUTPLAN, COMCAPP V, DCLASS, INTELLICAPP O MAYCAPP (Bedworth y otros, 1991, pág. 240).

En el segundo caso, al que se suele denominar **aproximación generativa**, los planes de proceso se desarrollan a partir de las especificaciones de la ingeniería de cada pieza, las cuales pueden ser tanto planos como textos en los que se describen aspectos tales como materiales a emplear, condiciones particulares de procesado e inspección, tipo de superficie de la pieza a tratar, etc. Si se piensa en la cantidad de piezas diferentes que se pueden fabricar y en las muy diversas especificaciones que cada una de ellas puede tener, es fácil comprender que es prácticamente imposible desarrollar un sistema universal de planificación de proceso. Sin embargo, sí es posible generar planes estándares para un número determinado de piezas que revistan unas formas geométricas concretas.

Una vez introducidas las especificaciones de ingeniería en el sistema, éste se encargaría de *traducir los datos en un plan detallado de proceso*; para ello es esencial que el sistema sea capaz de interpretar los datos tal y como son generados por el sistema CAD, esto es, ha de reconocer, por ejemplo, los rasgos físicos de la pieza (por ejemplo: agujeros, ruedas dentadas, etc.) y convertirlos al tipo de formato que el ordenador emplea para generar los planes de proceso. Este paso está todavía lejos de haberse conseguido plenamente, por lo que no existen versiones en el mercado a disposición de las empresas, hecho que lleva a éstas a codificar los rasgos físicos y sus ubicaciones, tolerancias y tamaños empleando las formas más sencillas posibles, así como la condición inicial del material a tratar,

[6] La aplicación de software correspondiente a esta integración sería el sistema CAPP (Planificación de procesos asistida por ordenador), abordada en el Capítulo 10.

al objeto de facilitar al sistema la determinación de la cantidad y la parte del material que han de ser desechadas para conseguir un componente terminado. Es fácil suponer que, por lo que respecta a la segunda fase de la planificación, esto es, la transformación de los datos codificados en un plan detallado de proceso, no se dispone por el momento de ningún sistema capaz de conseguirlo. Sin embargo, es posible, mediante las oportunas modificaciones, acercar las características del procesado de las piezas a las recogidas en los planes estándares de procesos descritas para la versión de automatización anterior. Estas transformaciones suelen limitarse a la modificación de los rasgos físicos de las piezas, buscando, por ejemplo, que éstas sean lo más simétricas posibles. Por otra parte, algunos de los datos a considerar al elaborar un plan de proceso no dependen estrictamente de las características de las piezas en cuestión, como es el caso de la definición de máquinas a emplear, herramientas, velocidades de proceso, tiempos de lanzamiento, de proceso y de inspección, etc.

Siguiendo a Li (1986), las versiones comercializadas de la planificación generativa de procesos que gozan de una relativa difusión son APPAS, AUTAP, BYU-PLAN, CADAM, CMPP, GAPPS, FREXPP, GARI, GENPLAN, EXCAP, LOCAM, OPTA-PLAN, PROPLAN, STOPP, TIPPS y XPS-1, la mayoría de las cuales se encarga de elaborar la secuencia de operaciones y determinar los outputs del plan de proceso; pero ninguna de ellas es capaz de integrase totalmente con el sistema CAD. Como señalan Bedworth y otros (1991, pág. 242), lo limitado de su difusión puede estar indicando la existencia de importantes limitaciones. Puede concluirse, por tanto, que el logro de la automatización completa de la planificación de procesos depende del desarrollo de sistemas que posibiliten el reconocimiento de los datos contenidos en los registros del sistema CAD sobre los rasgos de cada componente, sin que por el momento se cuente con un único sistema universalmente aceptado.

11.6.2. Planificación de la producción y CAPP

Un número sustancial de entidades manufactureras, tanto grandes como pequeñas, emplean ya sistemas informatizados de planificación y control de la producción[7], siendo una de las razones de esta gran difusión la amplia oferta disponible de aplicaciones estándares. Existen asimismo evidencias empíricas de las primeras integraciones entre sistemas CAPP y aplicaciones para la Planificación de las Necesidades de Materiales (MRP)[8]. No obstante, los logros más importantes se esperan obtener con la integración de los sistemas CAD/CAM y CAPP con los sistemas de Planificación de los Recursos de Fabricación (MRP II), ya que sin la presencia de éstos es imposible obtener un buen Plan de Empresa[9]. CAD y MRP II comparten datos, como, por ejemplo, las Listas de Materiales[10] y algunas especificaciones de piezas o información sobre costes. Cuando los ingenieros de diseño están desarrollando un nuevo producto necesitan tener acceso a la base de datos de MRP II; este es el caso de la búsqueda de componentes con códigos similares en la Tecnología de Grupos o de la comprobación de las piezas en inventario.

[7] Un estudio detenido de los sistemas MRP y MRPII puede encontrase en J.A.D. Machuca y otros (1994, Capítulos 4 y 5).

[8] En este sentido puede acudirse, por ejemplo, a Ulusoy y Uzsoy (1992).

[9] Como es obvio, este tipo de plan también puede ser desarrollado manualmente, sin embargo, se perderían los beneficios de la integración automatizada.

[10] Para un estudio más detenido, véase J.A.D. Machuca y otros (1994, Apartado 4.4.2).

Igualmente, durante la planificación y procesado posterior de la producción es necesario utilizar datos contenidos en la base de datos de CAD (por ejemplo: información sobre la geometría de un componente, identificación del número o código de las piezas, sus números de planos, etc.). Por otra parte, los analistas del flujo de producción necesitan acceder a las Listas de Materiales y los operarios de los talleres han de disponer de información sobre las especificaciones de proceso o características geométricas de las piezas. La información recogida en la base de datos de un sistema CAM también es útil para MRP II, en cuanto que indica, por ejemplo, las rutas[11] de los componentes. La coordinación y sincronización de acciones basadas en este intercambio es el objetivo principal de un sistema de fabricación integrado.

Sin embargo, no puede afirmarse, por el momento, que se haya avanzado significativamente en esta dirección. En este sentido, son relativamente numerosos los trabajos empíricos que analizan los problemas encontrados por las empresas en la búsqueda de la integración CAPP y MRP II[12]. Para Bessant (1991, página 146), la razón de los fracasos obtenidos no debe atribuirse a fallos en los sistemas, sino más bien a la incapacidad de los usuarios para explotar todas las posibilidades y, dentro del colectivo de los usuarios, son los de los niveles intermedios los que, por lo general, peor han sabido aprovechar las oportunidades potenciales brindadas por el sistema. En 1990, la revista *Automation* publicó un informe según el cual los profesionales de los niveles intermedios no explotaban las ventajas de estos sistemas integrados por las siguientes razones:

- Falta de conocimiento del sistema MRP II, al que consideraban esencialmente como una herramienta para el control de inventarios y no como una filosofía de gestión.
- Falta de apoyo de la Alta Dirección.
- Carencia de la suficiente formación técnica.
- Carencia de comunicación en la empresa.
- El nuevo sistema de incentivos y recompensas asociado al sistema MRP II que, más preocupado por la consecución de los objetivos de la empresa que por la medida del rendimiento de actuaciones concretas, desmotiva a los mandos intermedios.

Algunos autores señalan que parte de los motivos del fracaso pueden deberse al propio sistema MRP II[13], en cuanto que éste asume como válidas un buen número de las hipótesis subyacentes en los sistemas de fabricación tradicionales, completamente inadecuadas en los nuevos entornos manufactureros, tales como:

- Se concentra esencialmente en el largo plazo, lo cual restringe su flexibilidad y estabilidad.
- Suele funcionar mejor en entornos de altos volúmenes de fabricación.
- Se apoya en las prácticas contables convencionales[14].
- Asume distribuciones en planta por procesos para la fabricación de cualquier tipo de lotes.
- Presupone una estricta división del trabajo.
- Asume una responsabilidad limitada de la mano de obra.

[11] Una descripción detallada se encuentra en J.A.D. Machuca y otros (1994, Apéndice 2.A).

[12] Véase, por ejemplo, Waterlow y Monniot (1986), New y Myers (1985), NEDO (1984), Hughes y Childe (1990) o Luscombe (1993).

[13] Puede acudirse a Yankee Group (1989).

[14] En el capítulo siguiente se abordará este tema con un mayor nivel de detalle.

Para Hughes y Childe (1990) la cuestión crítica radica en que la integración entre la organización y el sistema posea la suficiente flexibilidad y capacidad de adaptación para responder en el futuro a cambios no esperados.

A pesar de los problemas mencionados, no ha surgido, por el momento, ninguna alternativa capaz de competir seriamente con MRP II en esta fase de la integración en las áreas de ingeniería y planificación y control de la producción. Luscombe (1993, pág. 192) señala que una de las razones de la supremacía de este sistema se encuentra en su dominio del mercado de aplicaciones de software.

11.6.3. Control de la producción y CAD/CAM

Tanto si la automatización ha sido completamente alcanzada en los talleres como si se está en proceso de alcanzarla, es muy importante que exista una estructura jerárquica que regule aquellas funciones de los ordenadores que son necesarias para acometer las operaciones manufactureras, entre las que se encuentran la recogida de información, la toma de decisiones o la difusión de la información resultante de las decisiones tomadas. Esta estructura permitirá que se puedan obtener las máximas ventajas de los sistemas CAD y CAM. En el Apartado 11.6.3.1 nos detendremos en la caracterización de la estructura jerárquica requerida, mientras que en el 11.6.3.2 se abordará el proceso de control en los talleres.

11.6.3.1. *Arquitectura para el control de la producción en tiempo real*

El desplazamiento hacia la fabricación celular, de la que los sistemas FMS o FAS constituyen tan sólo una modalidad, ha llevado a una proliferación de equipos y de aplicaciones de software que, por lo general, han presentado una clara falta de estandarización, ralentizando de este modo la difusión de los sistemas de fabricación celular. En 1986, el National Bureau of Standards estadounidense, reconociendo el problema, desarrolló una arquitectura genérica para el control de la producción en tiempo real. La Figura 11.2 (adaptada de Jackson y Jones, 1987) muestra los distintos niveles de control de esta arquitectura. Durante la generación de la misma se persiguió que ésta fuera flexible y dispusiera de un enfoque modular que permitiera posteriores incorporaciones, eliminaciones o sustituciones del software y hardware de los distintos niveles.

La jerarquía del sistema se dispuso de la siguiente manera (Alvarez Gil, 1991, página 114):

- Los sistemas de control están aislados funcionalmente y se comunican mediante interfaces estándares.
- Los equipos han de estar dotados de sensores que permitan la respuesta real ante los datos de rendimiento.
- Ha de implementarse en un entorno informático distribuido, utilizando los más recientes avances en la ingeniería de software, microordenadores y técnicas de programación con inteligencia artificial.

En este modelo, el flujo de control es esencialmente vertical y entre departamentos adyacentes; aunque los datos sean compartidos entre diferentes niveles, cada módulo de control descompone los *comandos de datos* que recibe en *procedimientos a aplicar en ese nivel, subcomandos a enviar a los módulos inferiores pertinentes y un informe de retroalimentación sobre el estado del sistema a su módulo superior*. Este proceso se repite hasta que se genera una secuencia de acciones básicas. Tras la ejecución de las acciones, cada subordinado manda un informe de estado a su superior para cerrar el ciclo de control y apoyar las acciones de adaptación.

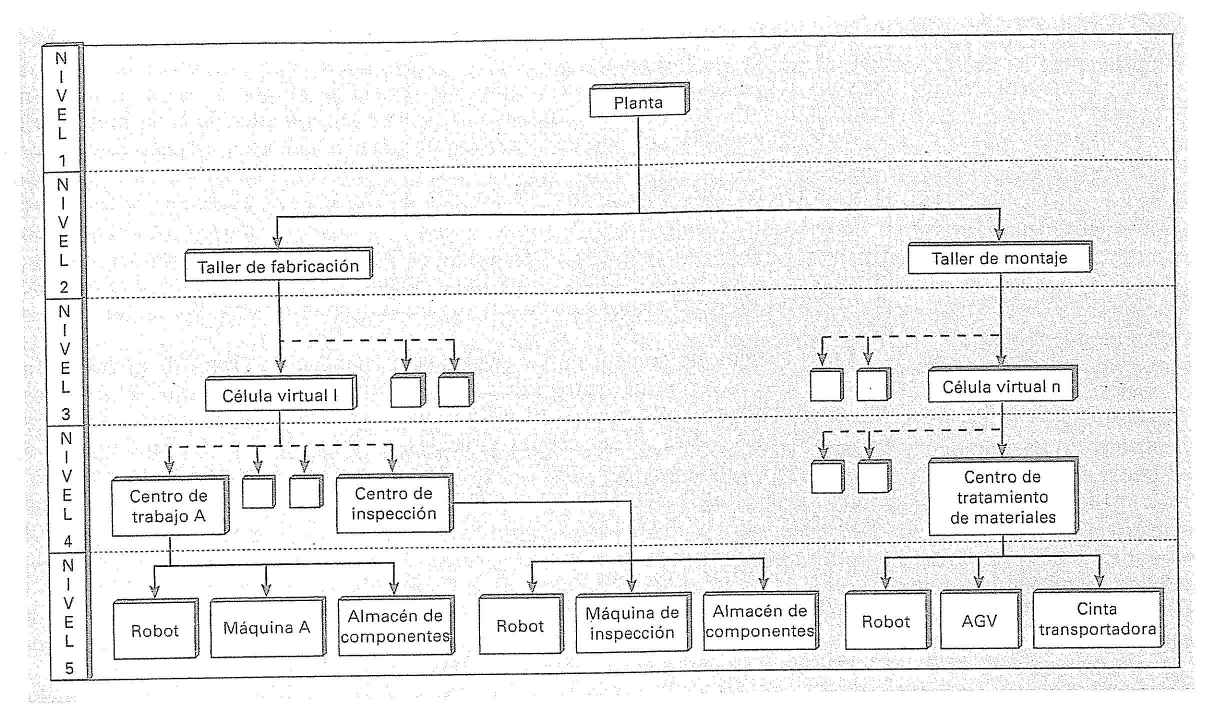


Figura 11.2. La jerarquía AMRF (*Automated Manufacturing Research Facility*).

En el nivel superior, **la planta**, el control se descompone en tres subsistemas: la ingeniería de fabricación, la gestión de la información y la gestión de la producción, cuyo horizonte de planificación abarca desde varios meses hasta varios años. Las funciones de la ingeniería de fabricación se incluyen dentro del sistema jerárquico de control. El subsistema de gestión de la información se encarga de proporcionar datos y un sistema de apoyo a la información al usuario, el cual, a partir de los outputs de este subsistema, puede estimar costes, gestionar la recepción de pedidos, elaborar las facturas o la nómina, etc. Mediante los subsistemas de gestión de la producción se dirigen los principales proyectos y la utilización de los recursos productivos.

El siguiente nivel de control es **el taller**, en el que han de coordinarse los trabajos de producción y los recursos disponibles a ese nivel; el horizonte de planificación será, obviamente, más estrecho, comprendiendo desde varias semanas a varios meses. El sistema de control consta de un responsable de trabajo y un responsable de recursos. El primero se encarga de la programación de las tareas, del mantenimiento y control de la utilización de los equipos, teniendo, además, cierta responsabilidad sobre la planificación de la producción, la combi-

nación de los pedidos para generar lotes, la activación y desactivación de las células virtuales, la asignación y envío de órdenes a éstas y el seguimiento de las órdenes individuales hasta su conclusión. En cada célula se suele ubicar un controlador que se encarga de la gestión de los componentes de cada familia. El segundo, que está encargado de la gestión de recursos, ha de ir asignándolos a los diferentes controladores de las células para que puedan emplearlos para la ejecución de los trabajos específicos. Se controlan también los diferentes inventarios, herramientas, utillaje y piezas de repuesto. Como las células virtuales pueden alterarse dinámicamente, este responsable debe ser capaz de responder rápidamente a estos cambios. A cada célula se le asignarán los recursos sobre la base de la prioridad de los trabajos que se vayan efectuar en la misma, los costes asociados a su uso, etc.

En el sistema de control de las **células** se secuencian los lotes de pedido a lo largo de las estaciones de trabajo que las componen y se supervisan los servicios de manipulación de materiales. El horizonte de planificación se puede reducir a varias semanas o días. Al ser células virtuales, permiten que el tiempo de proceso de los equipos pueda ser compartido por varias secciones, fenómeno responsable de que en un entorno de fabricación continuo se puedan conseguir las ventajas de los procesos por lotes (véase Capítulo 5). Los módulos de este sistema de control son responsables de la descomposición de tareas, analizar las necesidades de recursos, elaborar informes sobre el progreso de los trabajos y el estado del sistema para el control del taller, tomar decisiones dinámicas sobre las rutas a seguir por los lotes, programar las operaciones de las estaciones de trabajo de la célula, asignarles y enviarles tareas y efectuar el seguimiento de las mismas.

El sistema de control de las **estaciones o centros de trabajo (CT)** gestiona las actividades de pequeños grupos o equipos de trabajo reunidos físicamente en un mismo lugar, siendo su horizonte de planificación de varias horas o minutos. Un centro de trabajo típico suele constar de un robot, una máquina herramienta, un punto de almacenamiento de material y un ordenador que se encarga de controlarlos. El CT procesa remesas de piezas enviadas por el sistema de transporte de materiales y el controlador se encarga de secuenciar los distintos niveles de equipos mediante el lanzamiento de los trabajos, selección de utillaje para cada pieza, procesos de corte, cambio y retirada de chips, inspección durante el proceso, interrupción del trabajo y limpieza, etc. La conexión entre el sistema de control de la célula y el CT se diseña teniendo en cuenta que se trabaja con células virtuales; por tanto, como cada célula puede tener que controlar diferentes centros de trabajo, el sistema de control no dependerá del tipo de éstos.

Por último, los sistemas de control de los **equipos** están diseñados para que actúen como conexión entre el sistema de control del CT y los controladores de equipos que contienen los robots, las máquinas herramientas NC, las máquinas de medición coordinada, los sistemas de envío y los elementos para el almacenamiento y retirada de mercancías. Los sistemas de control de los equipos convierten las instrucciones recibidas del nivel superior en una secuencia de tareas elementales que pueden ser reconocidas por los dispositivos de control de los equipos, los cuales permiten, además, el seguimiento de la ejecución de tales tareas.

Por lo que respecta al **sistema de gestión de la información**, éste comprende el subsistema de administración de los datos y el de comunicación en red. El primero proporciona a todos los módulos de control un método uniforme de acceso a los datos; el segundo incluye el hardware y software necesarios para que la información se desplace a tiempo por el sistema jerárquico de control. Su

arquitectura contiene un red de banda ancha para la fábrica con varias subredes, ajustándose todas a los estándares internacionales de conexión en sistemas abiertos (OSI).

11.6.3.2. *El control de los talleres*

En los talleres, la información es recogida a partir de la observación del proceso físico que en ellos tiene lugar. Como éste opera en tiempo real, es imprescindible que la recogida y entrada de datos también lo sea, de forma que se puedan generar respuestas a los problemas en fracciones de segundo. Tras el análisis de los datos y el posible uso de algoritmos de control[15], se envían señales para ajustar el proceso si fuera necesario. Además de la comunicación directa con el proceso, los ordenadores encargados del control de talleres también han de ponerse en contacto con los equipos, hecho que constituye el rasgo distintivo entre los ordenadores de control y los de uso general. Aparentemente, los ordenadores empleados para el control no se distinguen de los convencionales; son los sistemas utilizados los que los hacen diferentes, en la medida en que los programadores de los ordenadores de control tienen que conocer muy bien las restricciones temporales en las que los sistemas habrán de operar, los diferentes modos en que los sensores de los equipos recogen la información y la envían al ordenador, los procedimientos de análisis de datos más adecuados para las tareas de control y las formas en las que se pueden controlar las señales enviadas por el ordenador a los equipos para ajustar el proceso.

En algunas ocasiones, estos ordenadores de control forman parte de equipos adquiridos a proveedores, como es el caso de las máquinas de control numérico computerizado, los controladores de algunos robots específicos, los sistemas de control de la manipulación de materiales, los controladores de los sistemas de almacenamiento automático, etc. En todos estos casos, los microordenadores deben recoger información sobre el proceso, analizar los datos y transmitir la información oportuna para ejecutar las tareas de control y, en diferentes ocasiones, estas acciones deben emprenderse para varios sensores y al mismo tiempo. El sistema de control de talleres habrá de ser diseñado de modo que no surjan problemas porque uno de los ordenadores de control no sea capaz de controlar el conjunto de procesos que le haya sido asignado o porque un proveedor recomiende la utilización de un sistema operativo particular que, posteriormente, no sea compatible con los equipos de los talleres. Por tanto, los ordenadores ubicados en el nivel más bajo de la estructura jerárquica serán los elementos críticos para la consecución del éxito en las actividades diseñadas por los niveles superiores, lo cual implica que al afrontar el diseño del proceso de planificación y control de la producción no sólo habrá que considerar las disponibilidades de recursos a medio y largo plazo, como venía siendo habitual, sino que deberá concederse prioridad a la disponibilidad de recursos flexibles en los talleres que permitan la generación de respuestas adecuadas en el corto plazo (Alvarez Gil, 1991, pág. 111).

En el caso de que no fuera posible integrar informáticamente todos los equipos de los talleres, sería conveniente emplear un sistema de control alternativo, susceptible de permitir la integración con los sistemas CAD y CAM. Esta fue la alternativa iniciada en los años 50 con el desarrollo del **control numérico** y la

[15] Un estudio detenido de la programación y control de talleres, así como de los algoritmos empleados en esta etapa puede encontrarse en J.A.D. Machuca y otros (1994, Capítulo 9).

posterior aparición del lenguaje de programación automática de herramientas (APT) en 1987. La Figura 11.3 (adaptada de Bedworth y otros, 1991, pág. 411) muestra la esencia del proceso seguido por este tipo de control.

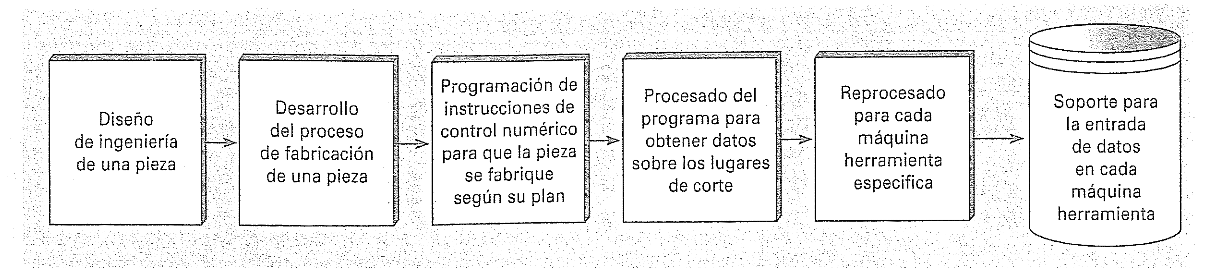


Figura 11.3. Representación esquemática del proceso NC.

En primer lugar se elabora el diseño de ingeniería de una determinada pieza, el cual se envía a Ingeniería de Fabricación para que desarrolle el proceso de elaboración de la misma; éste recoge las máquinas a emplear, la secuencia de operaciones a ejecutar en ellas, el tiempo de lanzamiento y de proceso estimado (para que se puedan desarrollar los programas) y las necesidades de utillaje y materias primas. Seguidamente, el analista se encarga de convertir la información sobre geometría y movimientos de la pieza durante su proceso de fabricación en instrucciones sobre las operaciones de corte de la pieza (CLDATA) mediante el lenguaje APT. Las instrucciones de corte son reconvertidas a instrucciones que puedan ser reconocidas por cada máquina herramienta (puesto que no todas funcionan de la misma manera); por último, éstas reciben las instrucciones numéricas, utilizando normalmente una cinta magnética.

Cuando se parte de un sistema CAD/CAM, el diseño de ingeniería se desarrolla utilizando la aplicación CAD, convirtiendo los datos al formato estándar IGES[16] de IBM, lo cual permite el desarrollo de un algoritmo para el reconocimiento de formas geométricas; éste persigue la traducción de la información en lenguaje CAD al lenguaje CAPP, esto es, la información sobre líneas, arcos, círculos, etc. se transforma en diámetros, anillos, caras,... Seguidamente, la información CAPP, junto a otros datos, como dimensiones, tolerancias, rasgos de la materia prima, etc., es trasladada a la *estructura genérica de datos para la definición de piezas* (GPDS), que se encargará de agruparla y convertirla en un registro con formato susceptible de ser interpretado por cualquier sistema CAPP. Este tomará entonces la información sobre la pieza para elaborar un plan de proceso, permitiendo que ésta pueda ser procesada por diferentes máquinas, situación común en los entornos de fabricación celular. El plan de proceso será entonces enviado al ordenador responsable del control de la célula, el cual se encargará de trasladarlo a los centros de trabajo de su ámbito de control, lugar en el que se cargarán las instrucciones numéricas concretas a cada equipo. También es posible cargar directamente las instrucciones a cada equipo utilizando la estructura IGES, pero ello puede contribuir, por una parte, a ralentizar el proceso de integración de los talleres y disminuir su flexibilidad, mientras que, por otra, puede obstaculizar la programación conjunta de los mismos. Tras el desarrollo del lenguaje APT se ha avanzado notable y rápidamente, como puede apreciarse a partir de la observación de la difusión de las máquinas herramientas de control numérico informatizado (CNC) o de control numérico distribuido (DNC).

[16] IGES son las siglas de especificación para el intercambio de gráficos iniciales.

Por último, el campo de la **robótica** puede considerarse una extensión del área de las máquinas herramientas de control numérico, desempeñando un importante papel en numerosas funciones del sistema CAM. Baste para ello recordar que, en el contexto de las células de fabricación y de los sistemas FMS, los robots pueden actuar como elemento integrador, desempeñando las funciones relacionadas con la manipulación de los materiales, en los que, además, constituyen el elemento más flexible. Si se piensa, por otra parte, que en los entornos de fabricación automatizada algunas tareas pueden ser peligrosas para las personas, o que algunas otras necesitarán ser realizadas con una extraordinaria precisión y en unas superficies de trabajo de dimensiones mínimas, no puede quedar duda alguna sobre la importancia de la presencia de los robots en estas plantas manufactureras. Su empleo conlleva, adicionalmente, importantes repercusiones para CAD Y CAM; recuérdese, en este sentido, que los productos deberán ser diseñados teniendo en cuenta el modo de operar del robot con la finalidad de obtener los máximos beneficios de sus «habilidades», por lo que, consecuentemente, las operaciones y sus secuencias pueden verse modificadas[17].

Por lo que respecta a la programación de los robots, que sirve tanto para que éstos ejecuten las tareas que les sean encomendadas, como para el control del funcionamiento, los sistemas más utilizados son VAL II (desarrollado por Unimation/Westinghouse) y AML/X (IBM)[18], si bien se suele acudir también a la programación *off-line* y a la simulación.

11.6.4. La información en CIM: sistemas de gestión de las bases de datos y redes

El adecuado funcionamiento de un sistema CIM demanda, como hemos tenido ocasión de comprobar en los apartados precedentes, que la base de datos común para todo el sistema se encuentre siempre actualizada y no contenga datos redundantes, a la par que debe permitir la integración de diferentes tipos de información, tales como las relacionadas con: calidad de la producción en curso, programas de mantenimiento, programación de talleres, sistemas de costes, de envíos y aprovisionamiento, Listas de Materiales, datos de diseño del producto, etcétera. (véase Capítulo 10). No debe resultar sorprendente, por tanto, que el área de la gestión y tratamiento de la información resulte una de las facetas claves en los nuevos sistemas de producción. Aunque la actividad manufacturera pueda ser descrita en relación al flujo físico de componentes, materiales, productos, etc., bajo éste subyace un complejo conjunto de flujos de información. Desde siempre, los responsables de Operaciones han querido disponer de la cantidad correcta de información disponible en el lugar y el tiempo adecuados. El problema principal no reside en la disponibilidad de información, sino en cómo utilizarla conjuntamente por los distintos agentes involucrados; proporcionar la información adecuada, a la persona adecuada y en el tiempo adecuado puede resultar extremada-

[17] El uso de robots afectará asimismo al diseño de los puestos de trabajo y a los estudios de métodos y tiempos (véase Capítulo 6).

[18] Para más información sobre estos lenguajes pueden consultarse los manuales de los mismos editados por las compañías propietarias.

mente complejo, especialmente si se requiere alguna forma de procesado e integración de información proveniente de diversas fuentes. La dificultad aumenta cuando el entorno manufacturero está rodeado por la incertidumbre, situación, por otra parte, bastante habitual. Por ejemplo, el responsable de Marketing tendrá que hacer una estimación aproximada sobre las posibles ventas, que pasará al responsable de Producción. Este tampoco puede predecir con una total exactitud el estado de los talleres en los diferentes momentos futuros; consecuentemente, se necesita un sistema que vaya más allá de ser un simple soporte para el proceso de la información a nivel local. No sólo deberá ser capaz de tratar con el normal cálculo de cifras, sino que, además, deberá integrar la información para usuarios diversos y gestionar una base de datos común. Asimismo, habrá de ser capaz de reaccionar rápidamente ante los cambios en el entorno y recalcular con prontitud información alternativa si fuese necesario. En su forma ideal, debería ser capaz de almacenar los datos a lo largo del tiempo y aprender de ellos, de forma que pueda anticipar en el futuro los posibles problemas asociados a estimaciones inexactas, desarrollando un sistema de auto-control. Al mismo tiempo, habría de generar informes distintos para diferentes usuarios, en diversos lugares y con desiguales conocimientos y experiencias.

En un sentido amplio, éstas son las especificaciones que cualquier sistema de gestión informatizada de la producción debería reunir. La característica clave de este sistema es que sólo se puede manejar de forma realista si se acude al uso de las **Tecnologías de la Información (IT)**. Manualmente sería imposible gestionar la inmensa cantidad de datos que se generan en un entorno productivo con la celeridad y precisión suficientes y comunicarlas adecuadamente.

Para extraer las máximas ventajas del uso compartido de la información es preciso desarrollar una base de datos que reúna, como mínimo, las siguientes características:

- Ha de ser corporativa, es decir, única para toda la empresa.
- Ha de ser completa y huir de la redundancia de los datos.
- Ha de ser precisa y correcta.
- Debe ser actualizada continuamente.
- Todos los usuarios del sistema, con independencia de su ocupación, han de poder acceder a la misma, lo que no ha de ser obstáculo para que, al mismo tiempo, exista un control de acceso.
- Ha de tener un formato común, esto es, el almacenamiento y utilización de la información ha de realizarse de una única manera.

Adicionalmente, para que la base de datos sea eficaz, la empresa debe comenzar por llevar a cabo un esfuerzo de delimitación y establecimiento de estándares, reducir sus tiempos de procesado de información y sus costes, así como depurar la calidad y eficiencia de esta información.

11.7. CONSIDERACIONES FINALES

Vistas las notables repercusiones que la implementación de CIM puede permitir obtener a la empresa que lo instala, parece necesario, al menos, realizar un esfuerzo previo, encaminado a preparar el entorno empresarial para que la fase de implantación sea un éxito. Las tareas a emprender durante la etapa previa

deberán concentrase particularmente en la identificación y selección de las tecnologías a adquirir, el diseño del proceso de instalación de las tecnologías y el establecimiento de las bases para el posterior control del funcionamiento del sistema y el control de su rendimiento.

Por lo que respecta a la *identificación y selección de las tecnologías a adquirir*, cada opción tecnológica específica que la empresa pretenda considerar debe estar lo mejor definida posible, de manera que pueda determinarse qué parte de las tareas de diseño, producción, instalación e integración serán realizadas internamente. Puede ser conveniente realizar el mayor número posible de acciones internamente, puesto que así se minimizan las pérdidas de información sobre la tecnología de proceso propia de la firma, asegurándose una mayor coincidencia entre los activos, personas y estrategias empresariales y los nuevos equipos y software. Cuando se trate de tecnologías a adquirir en el exterior es importante prestar atención a las características de los proveedores y de los competidores, a la situación competitiva actual de la firma y a la que se desea alcanzar, así como a los activos tecnológicos en poder de la empresa, con los que se deberá intentar buscar la máxima sinergia posible. Por lo que respecta a la valoración económica, los costes más visibles de la adopción de nuevas tecnologías son las salidas de capital para adquirir hardware, software y servicios. La mayoría de los modelos de valoración recogen estos conceptos[19]; sin embargo, también son importantes otros aspectos como:

- Adecuación de la plantilla a los perfiles exigidos por las nuevas necesidades de la organización, incluyendo posibles contrataciones y despidos.
- Costes de parada e interrupción de la actividad de la planta, causados por la introducción de una nueva tecnología.
- Costes de desarrollo de los recursos humanos necesarios para diseñar, construir, gestionar, mantener y operar con el nuevo sistema.

Los beneficios derivados de las inversiones en automatización son tanto tácticos como estratégicos; están relacionados con cambios en la estructura de costes, mayor repetibilidad del proceso y conformidad de los productos, inventarios inferiores, mayor flexibilidad y líneas y flujos de comunicación más cortos (véase Capítulo 10).

En relación con el *diseño del proceso de implementación de las tecnologías*, existen una serie de factores relevantes que hacen que, en el caso que estamos considerando (más que en ningún otro), sea esencial contar con el **apoyo de la Alta Dirección**. Entre estos factores se incluyen los siguientes:

- El impacto de las nuevas tecnologías es multifuncional. El apoyo de la Alta Dirección puede ser necesario para asegurar que se adopte un enfoque de esta naturaleza y se puedan resolver los problemas de dicha índole que puedan aparecer.
- La implementación precisa de los recursos adecuados, no sólo dinero, sino, sobre todo, personas y tiempo. Sin el apoyo de la Alta Dirección es normal que estos últimos recursos se evaporen.
- La elección e implementación de la tecnología deben ser acordes a las necesidades de negocio de la empresa.

Por otra parte, cuanto más nueva sea una tecnología menos va a saber la empresa sobre ella, por lo que es más probable la aparición de problemas

[19] En el siguiente capítulo se analiza este tema con mayor detenimiento.

técnicos. A ello puede añadirse que tampoco los proveedores sepan muy bien cómo se adecuan estas tecnologías a las diferentes situaciones. Las empresas que mayor éxito han alcanzado en la integración han establecido **lazos estrechos con sus proveedores**; estas relaciones se caracterizan porque la información fluye en dos sentidos, a diferencia de los casos en que se adquiere una tecnología estandarizada que puede no ajustarse a las particulares necesidades de cada empresa y en los que los proveedores se limitan a la mera instalación del equipo. Las nuevas tecnologías se caracterizan tanto por su impacto multifuncional como por la involucración del software informático. Es importante, por tanto, que se creen y fomenten las actuaciones de grupos formados por personas pertenecientes a las áreas de fabricación, software de ingeniería y desarrollo e ingeniería de productos.

De la misma forma que son necesarias las integraciones funcionales, también son necesarias unas jerarquías más cortas y una mayor integración vertical en la estructura organizativa. Es importante crear una estructura directiva para la toma de decisiones que esté estrechamente implicada con los talleres y con un alto grado de autonomía delegada.

En el nivel de los talleres se precisan cambios considerables en el patrón o modelo de organización del trabajo. Con una mayor confianza en grupos pequeños de trabajadores y directivos, aparece la necesidad de prestar atención a modelos de organizaciones productivas menos relacionadas con la fragmentación de tareas, división del trabajo y control ejecutado por sistemas reguladores externos, que evolucionen hacia alternativas basadas en pequeños grupos autónomos de trabajo, de gran flexibilidad y control interno.

Está cada vez más claro que factores tales como la producción Justo a Tiempo, el control de la calidad total, relaciones con proveedores y clientes, etc., son extremadamente importantes para mejorar la eficiencia y que no sólo ha de considerarse la tecnología. El cambio organizativo trae de la mano cambios en la distribución de las plantas y en los métodos de producción. La influencia de las técnicas japonesas es obvia, con énfasis en la simplificación y planificación para conseguir alisar el flujo productivo e intentando que la producción por lotes se asemeje en la mayor medida posible a la producción continua.

Por último, una vez que la elección de tecnología ha tenido lugar y está en marcha, lo normal es que se quiera *medir la eficiencia de la inversión efectuada.* Los inconvenientes de los métodos tradicionales de medida del rendimiento fabril son bien conocidos. Cada vez es más numeroso el grupo de empresas que están utilizando medidas multidimensionales, tales como calidad, tiempo de suministro, coste de la no calidad, envíos a tiempo y en condiciones, o la productividad total. Además de seguir este enfoque, las empresas pueden también obtener ventajas de los esfuerzos encaminados a fijar estándares para la productividad y tasas de aprendizaje en un entorno integrado y altamente automatizado. Un buen ejemplo de lo anterior lo encontramos en la valoración financiera de un FMS. Dados sus altos costes, los sistemas contables convencionales suelen ser inapropiados, puesto que rechazarían proyectos que no pudiesen demostrar un plazo de recuperación próximo a los dos años. Un sistema FMS no es solamente una tecnología productiva, sino una tecnología productiva estratégica; la cuestión de si la empresa dispondrá o no de flexibilidad en un futuro puede determinar cuál será su cuota de mercado potencial. Numerosas empresas adquirentes de nuevas tecnologías han afirmado que el proceso de justificación ha sido básicamente «un acto de fe», confirmando la idea de que los juicios cualitativos han sido, cuando menos, tan importantes como los cuantitativos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

Alvarez Gil, M. J.: «El diseño del proceso de planificación, programación y control de la producción en las factorías del futuro», *Alta Dirección*, n.° 155, 1991.

Ang, C. L.: «Planning Data Factory Communication Systems», *CIM Technology*, agosto, 1987.

Badawy, M. K., y Badawy, A. M.: «Management of Technology: Research Status of the Field and Future Directions», *J. Eng. Techn. Management*, September, 1989.

Beckman, S.L.: «Manufacturing Flexibility: The Next Source of Competitive Advantage», en Moody P. (ed.) *Strategic Manufacturing: Dynamic New Directions for the 1990s*, The Business One Irwin/APICS Series in Production Management, 1990.

Bedworth, D. D.; Henderson M. R., y Wolfe P. M.: «Computer-Integrated Design and Manufacturing», McGraw-Hill, 1991.

Bessant, J.: «Managing Advanced Manufacturing Technology», NCC Blackwell, 1991.

Bullinger, J. J.: «Integrated Technical Concepts: Towards the Fully Automated Factory», en Warner, M., Wobbe, W., and Brödner P. (eds.) *New Technology and Manufacturing Management: Strategic Choices for Flexible Production Systems*, John Wiley and Sons, 1990.

Campbell, A., y Warner, M.: «Managing Advanced Manufacturing Technology», en Warner M.; Wobbe W., and Brödner P. (eds.) *New Technology and Manufacturing Management: Strategic Choices for Flexible Production Systems*, John Wiley and Sons, 1990.

Chen, I. J., y Small, M. H.: «Implementing Advanced Manufacturing Technology: An Integrated Planning Model», *Omega*, vol. 22, n.° 1, 1994.

Dussauge, P.; Hart S., y Ramanatsoa, B.: «Strategic Technology Management», John Wiley and Sons, 1992.

Dutton, J. E., y Duncan, R. B.: «The Creation of Momentum for Change through the Process of Strategic Issue Diagnosis», *Strategic Management Journal*, vol. 8, n.° 3, 1987.

Ettlie, J. E.: «Taking Charge of Manufacturing», Jossey-Bass, 1988.

Gaynor, G. H.: «Achieving the Competitive Edge through Integrated Technology Management», McGraw Hill, 1991.

Gerstein, M.: «The Technology Connection: Strategy and Change in the Information Age», Addison-Wesley, 1987.

Gerwin, D., y Kolodny, H.: «Management of Advanced Manufacturing Technology», John Wiley and Sons, 1992.

Grover, V.; Teng, J. T. C., y Fiedler, K. D.: «Information Technology Enabled Business Process Redesign: An Integrated Planning Framwework», *Omega*, vol. 21, n.° 4, 1993.

Groover, M. P.: «Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing», Prentice-Hall, 1987.

Gunn, T.G.: «21st Century Manufacturing», Harper Collins, 1992.

Haywood, B., y Bessant, J.: «Organization and Integration of Production Systems», en Warner M., Wobbe W., and Brödner P. (eds.) *New Technology and Manufacturing Management: Strategic Choices for Flexible Production Systems*, John Wiley and Sons, 1990.

Heim, J. A., y Compton, W. D.: «Manufacturing Systems: Foundations of World Class Practice», National Academy Press, 1992.

Hughes, D., y Childe, S.: «Report to ACME Directorate»: SouthWest Polytechnic, Plymouth, 1990.

Hsu, C., y Rattner, L.: «Integration in Manufacturing: An Information Theoretic Perspective», *Production and Operations Management*, vol. 1, n.° 3, 1992.

Jackson, R., y Jones, A.: «Hierarchical Decision Making in the Factory of the Future», National Bureau of Standards, Working Paper, NBSIR 87-3511, 1987.

Jaikumar R.: «Post Industrial Manufacturing», *Harvard Business Review*, November-December, 1986.

Li, R. K.: «A Conceptual Framework for the Integration of Computer-Aided Design and Computer-Aided Process Planning», Tesis Doctoral no publicada, Arizona State University, Tempe, 1986 (citado en Bedworth y otros (1991, pág. 242)).

Luscombe, M.: «MRP II: Integrating the Business: A Practical Guide for Managers», Butterworth-Heinemann Ltd., 1993.

Machuca, J. A. D.; García, S.; Domínguez, M. A.; Ruiz, A., y Alvarez, M. J.: «Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1994.

Melnyk, S. D., y Ramasinhan R.: «Computer Integrated Manufacturing», The Business One Irwin/APICS Series in Production Management, 1992.

Michelini, R. C.; Acaccia G. M.; Callegari, M., y Molfino, R. S.: «Simulation Facilities for the Development of Computer Integrated Manufacturing», *Int. J. Adv. Manuf. Techno*, vol. 7, 1991.

NEDO (Nacional Economic Development Office): «Computers in Production Control», 1984.

New, C., y Myers, L.: «Manufacturing Operations in the UK», British Institute of Management/Cranfield Institute of Technology, 1985.

Noori, H.: «Managing the Dynamics of New Technology: Issues in Manufacturing Management», Prentice Hall, 1990.

Noori, H., y Radford R. W.: «Readings and Cases in the Management of New Technology: an Operations Perspective», Prentice Hall, 1990.

Ramamurthy K., y King, W. R.: «Computer Integrated Manufacturing: An Exploratory Study of Key Organizational Barriers», *Omega*, vol. 20, n.° 4, 1992.

RANKY, P.: «Computer Integrated Manufacturing», Prentice Hall International, 1986.

RHODES, D.: «Computer-Aided Production Management», en WILD (ed.): *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational Limited, 1989.

ULUSOY, G., y UZSOY, R.: «Computer-Aided Process Planning: First Steps Towards Computer-Integrated Manufacturing», *Interfaces*, vol. 22, n.º 2, 1992.

VAIL, P. S.: «Computer-Integrated Manufacturing», PWS-Kent Publishing, 1988.

WARD, P.T.; BERGER, P. D.; MILLER, J. G., y ROSENTHAL, S. R.: «Manufacturing Process Technology and Support Staff Composition: An Empirical View of Industry Experience», *Production and Operations Management*, vol. 1, 1992.

WATERLOW, G., y MONNIOT, J.: «The State of the art in CAPM in the UK», *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 7, n.º 1, 1986.

WILD, R.: «International Handbook of Production and Operations Management», Cassell Educational Limited, 1989.

YANKEE GROUP: «Report Cited in Industrial Computing», January, 1989.



LA GESTION DE LA TECNOLOGIA

12.1. INTRODUCCION

Desde la primera revolución industrial, la tecnología ha sido un elemento crítico en el crecimiento económico, hecho bien reconocido por los economistas. Una parte significativa del crecimiento de la productividad está relacionado de algún modo con el progreso técnico y, si bien nuestro conocimiento de esta vinculación no está todavía muy perfeccionado, los límites que en su momento establecieran Marx o Schumpeter siguen siendo válidos (Bessant, 1991, pág. 3). Es por ello que la cuestión de la tecnología y la explotación de su efecto positivo sobre el crecimiento económico es crítica para la supervivencia de la empresa.

En el área empresarial, *la tecnología incluye las habilidades, técnicas, procedimientos, equipos y sistemas empleados para llevar a cabo un trabajo* (Dilworth, 1992, pág. 213). Cuando las empresas diseñan o rediseñan sus subsistemas de Operaciones han de tomar decisiones relacionadas con los métodos y equipos, esto es, con la tecnología a emplear en la producción u oferta de bienes y servicios. El acierto o fracaso en la selección de la tecnología adecuada ejerce importantes repercusiones estratégicas sobre la empresa. Como señala Porter (1983), la innovación tecnológica es quizás la más importante fuente de cambios fundamentales en la cuota de mercado entre firmas competidoras y, probablemente, el factor más frecuente en la desaparición de las posiciones consolidadas. La tecnología puede, pues, proporcionar un camino para construir la ventaja competitiva de las empresas que puedan y sepan gestionarla adecuadamente.

Piore y Sabel (1984)[1] argumentan que conforme la demanda va fragmentándose cada vez más y el énfasis se dirige hacia factores diferentes del precio, los sistemas de producción en masa dejan de facilitar la flexibilidad que la industria necesita. Dichos sistemas ofrecían enormes ventajas en productividad, que fueron creciendo de forma paralela a la evolución de las industrias en que se aplicó y desarrolló. El progreso dentro de esta trayectoria trajo superiores beneficios y salarios, menores precios y una gama completa de nuevos productos; pero estas ganancias tenían un precio: una gran inversión en equipos altamente especializados y una estrecha especialización de los trabajadores, sujetos a la fabricación de un único producto. Es por ello que la producción en masa sólo era rentable en mercados lo suficientemente grandes como para absorber enormes cantidades de un único producto estandarizado y lo suficientemente estables como para mantener ocupados los recursos dedicados a la fabricación de este output.

[1] Citado por Bessant (1991, pág. 9).

La realidad actual (véase Capítulo 2) está llevando a otro modelo alternativo, de especialización flexible, en el que se enfatiza la producción de menores lotes con mayor variedad, mediante nuevas tecnologías y nuevos diseños organizativos. En nuestros días, confluyen tres factores importantes que están impulsando la aparición de una «nueva revolución tecnológica» (véase Capítulo 2):

- Una intensa competencia global creada por la rápida difusión de las capacidades de fabricación a escala mundial.
- Un cambio radical en los productos y procesos de la manufactura moderna provocado por las tecnologías avanzadas de fabricación.
- Un número creciente de evidencias empíricas sobre la necesidad de introducir cambios en la gestión y en las prácticas laborales, estructuras organizativas y criterios de decisión para mejorar la eficacia de las operaciones fabriles, proporcionar nuevas fortalezas competitivas e introducir nuevas oportunidades estratégicas.

Las empresas deben, por tanto, crear aquellas condiciones que permitan el posterior desarrollo y aplicación de las nuevas tecnologías y sus directivos deben buscar las oportunidades que les permitirán obtener ventajas competitivas a través de ellas. El problema que afrontan las firmas que quieren cambiar es que no se dispone de una línea maestra a partir de la cual se definan las nuevas formas organizativas o las configuraciones tecnológicas más adecuadas. Por el momento, son claramente necesarias la experimentación, innovación y aprendizaje para, a partir de los resultados obtenidos, poder llegar a determinar lo que sería «la mejor práctica», como alternativa al sistema convencional de fabricación en masa.

El estudio de la innovación tecnológica y la gestión de la tecnología forman un cuerpo de conocimiento bastante consolidado, sobre el que se han escrito ya numerosos textos y manuales. Conviene precisar que, si bien la frontera entre la gestión de la innovación y de la tecnología es confusa, no debe en ningún caso asumirse que ambas tienen el mismo cometido. Así, la *gestión de la innovación* está predominantemente relacionada con la creación y el desarrollo de nuevas ideas, mientras que la *gestión de la tecnología* se orienta hacia la difusión y aplicación de las innovaciones ya existentes (Noori, 1990, pág. 100). La Figura 12.1 muestra esta relación (adaptada de Noori, 1990, pág. 101); como se puede observar, en un determinado momento, las dos disciplinas se solapan, por lo que resulta útil comenzar concretando qué es la gestión de la innovación.

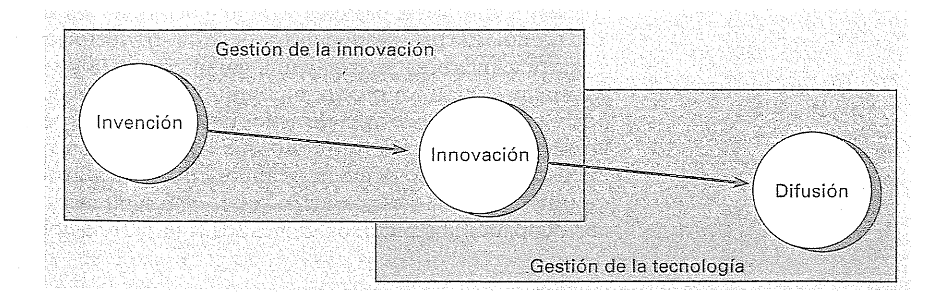


Figura 12.1. Relación entre la Gestión de la Innovación y la Gestión de la Tecnología.

12.2. GESTION DE LA INNOVACION

Para Utterback (1971, pág. 78), el proceso de innovación empresarial consta de tres fases solapadas (véase Figura 12.2): la generación de una idea, la solución del problema y su implantación, seguida, probablemente, por su difusión. El resultado de las dos primeras, que se suelen desarrollar en el seno del departamento de I+D, es un descubrimiento técnico, una **invención**, cuya primera implantación precipita la **innovación**. Cuando ésta se extiende, ejerciendo un impacto que trasciende el ámbito de la propia empresa, tiene lugar la **difusión**.

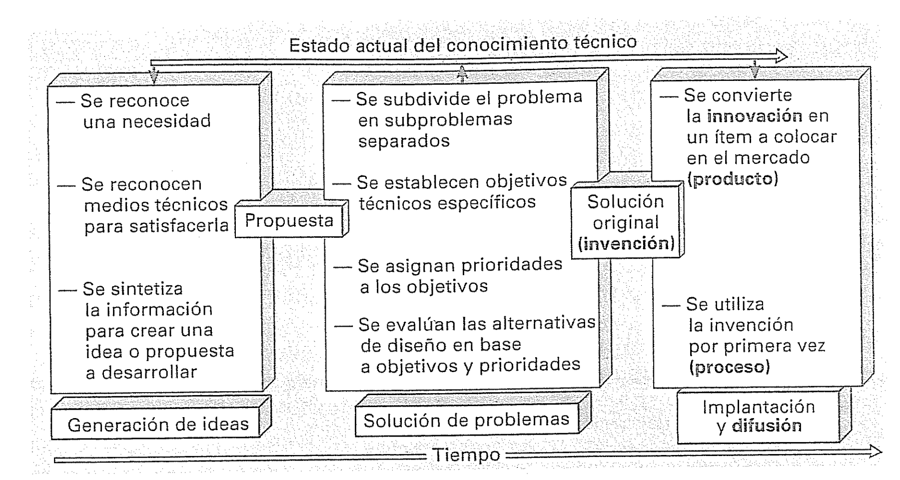


Figura 12.2. El proceso de innovación en la empresa.

Schroeder y otros (1989)[2] definen la innovación en el sector manufacturero como *la implementación de nuevas ideas o cambios, grandes o pequeños, que reúnen el potencial de contribuir a los objetivos de negocio de la organización*. Esta definición pretende recoger la idea principal de que la innovación puede adoptar la forma de un cambio grande, pero también puede tener lugar de forma incremental. Además, al emplear la expresión «potencial de contribuir», se está recogiendo la posibilidad de que no se alcance el éxito; de hecho, es muy poco frecuente que una innovación se convierta en un éxito comercializable: la probabilidad de que esto suceda ha sido fijada en torno al intervalo del 12 al 20 por 100[3]. Una gestión eficaz de la innovación puede contribuir a la consecución del éxito de las innovaciones generadas y reforzarlo posteriormente; por el contrario, una mala gestión puede llevarlas al fracaso rotundo. Ha de considerarse asimismo que la comercialización de las innovaciones es muy costosa, por lo que la maximización del beneficio potencial mediante una gestión eficaz es necesaria para la rentabilidad a largo plazo de la empresa. También es importante comprender que existe un desfase temporal entre el momento en que se produce una invención y aquél en el que se convierte en una innovación, esto es, las inversiones en Investigación y Desarrollo conducen a menudo a avances científicos importantes,

[2] Citado por McClain y otros (1992, pág. 476).
[3] Véase Mansfield (1971), Peters y Waterman (1982) o Quinn (1985).

pero, sin embargo, éstos no tienen necesariamente un impacto inmediato; existe normalmente un período de ajuste, antes de que se haga evidente el impacto de la innovación, como ilustran los ejemplos de la energía nuclear y los ordenadores.

Es posible diferenciar **dos tipos de innovación**: la **revolucionaria o radical** y la **evolutiva o incremental** (véase Cuadro 12.1). La primera representa rupturas importantes en los productos o procesos, generando una nueva industria o un cambio significativo en una industria madura (por ejemplo: la sustitución de los transistores por los circuitos integrados en la industria electrónica). Aunque las innovaciones revolucionarias suelen generarse fuera de las empresas de una industria, en algunos casos excepcionales también se producen dentro de las grandes compañías, como ha sucedido por ejemplo en IBM, RCA o Texas Instrument. Frente a la innovación radical, la innovación evolutiva suele consistir en pequeñas mejoras incrementales en productos y procesos, las cuales tienen lugar dentro de la empresa y son necesarias para su supervivencia; esta tendencia, aunque más lenta, es más consistente con la visión estratégica de Operaciones de las empresas que las adoptan y ha probado ser eficaz. Los japoneses han seguido normalmente este enfoque, mientras que las empresas occidentales suelen seguir el enfoque radical. La evidencia sugiere que CIM ha sido considerada una innovación radical por numerosas empresas estadounidenses, lo que ha llevado a que se descuidasen los pasos previos, tecnológicos y organizativos, necesarios para la introducción de los pequeños y continuados cambios que permiten la posterior integración.

Cuadro 12.1. Diferencias entre la innovación radical e incremental

Innovación radical	Innovación incremental
◦ Ruptura radical en productos o procesos. ◦ Creación o cambio de una industria. ◦ Se genera normalmente fuera de la industria. ◦ Relativamente escasa. ◦ Los responsables de la generación son empresas pequeñas y emprendedoras que buscan crear un nicho de mercado.	◦ Mejora incremental de productos o procesos. ◦ Mantenimiento de la posición competitiva. ◦ Se genera dentro de la industria. ◦ Relativamente común. ◦ Suele generarse para mejorar las operaciones de la empresa.

La interrelación entre ambos tipos de innovación suele crear una situación paradójica para las empresas: deben innovar para mejorar sus operaciones y mantenerse competitivas, si bien estas mejoras pueden llevar a una estandarización (y la correspondiente rigidez) de productos y procesos. Conforme la empresa estandariza sus operaciones, se expone más a la posibilidad de que sus productos y procesos se hagan obsoletos ante la aparición de una innovación radical.

12.2.1. Efecto de las nuevas tecnologías sobre la innovación en productos y procesos

La innovación en la empresa implica la creación de nuevos productos y la adopción de nuevos procesos. Ambos aspectos están interrelacionados (véase Figura 12.3 (adaptada de Noori, 1990, pág. 105)), aunque existe un desfase temporal entre los correspondientes ciclos de vida (véanse Capítulos 4 y 5). Durante las primeras etapas del ciclo de vida de un producto, la tasa de cambios en la innovación de prototipos es alta, porque las empresas se esfuerzan por adquirir un **diseño dominante** que se ajuste a las exigencias de la demanda. A esta fase se la denomina **patrón fluido.** Logrado este primer objetivo se enfatiza la innovación en proceso, con la finalidad de que la empresa pueda especializarse en el mismo posteriormente, a la par que se irán sentando las bases para conseguir la capacidad necesaria para la fabricación en masa. Ello supone un cambio en el tipo de equipos productivos a emplear, de tal forma que las máquinas de uso general habrán de ser sustituidas por equipos especializados (véase Capítulo 5). A esta fase, en la que desciende radicalmente la innovación en productos, se la conoce como **patrón transicional.** Finalmente, el producto entra en una etapa de su ciclo de vida caracterizada por tener un **patrón específico**; en ésta se producen innovaciones incrementales que facilitarán una mayor especialización del proceso productivo, a fin de que se puedan reducir costes, mejorar calidades y, tal vez, puedan tener lugar nuevas mejoras. Se avanza hacia una empresa altamente inflexible, para la que puede ser muy difícil adaptarse a los cambios del ambiente con su rígido proceso y un producto ya envejecido (Burgelman y Maidique, 1988). El ejemplo típico es el modelo T de Ford, que encontró su deceso con la aparición de los modelos cerrados fabricados por General Motors. Ford fue batida nuevamente por los fabricantes japoneses de vehículos cuando éstos introdujeron coches pequeños en los años setenta y ésta sólo estaba preparada para fabricar vehículos grandes. Los astilleros españoles también han sufrido un impacto similar, al estar especialmente diseñados para la fabricación de grandes buques y superpetroleros, sector en el que las empresas del área del Pacífico son más eficientes en costes.

Existen numerosas evidencias que indican que los cambios tecnológicos tienen efectos positivos sobre la tasa de innovación (Utterback y Kim, 1985, pág. 118). Se ha podido demostrar que la productividad y la innovación están ligadas a la evolución tecnológica, igual que las presiones competitivas y la política directiva. Adicionalmente, la innovación radical debida a una tecnología suele generar la fabricación de un mejor producto con un rendimiento radicalmente superior, costes significativamente inferiores, o ambos. Al mismo tiempo, estas innovaciones dan lugar a mayores y más incómodos niveles de riesgo, llevando a que las empresas adoptantes se separen de sus competidores (Hottenstein y Dean, 1992).

En los sistemas productivos que usan máquinas convencionales y sistemas especializados, esto es, aquéllos que se encuentran ya en la etapa de patrón específico, las innovaciones en productos y procesos ocurren conjuntamente, pues se necesitan nuevos sistemas para fabricar nuevos productos (véase Capítulo 2). Las nuevas tecnologías, por otra parte, permiten a las empresas alcanzar la flexibilidad requerida en productos, junto a la eficiencia necesaria para producir de forma económica altos volúmenes; esto significa que no tiene que ajustarse cada innovación en producto con la correspondiente innovación en procesos y, al reducir de este modo la obsolescencia de estos últimos, la justificación de fuertes inversiones en equipos se simplifica. Así pues, la utilización de nuevas tecnologías posibilita que las empresas puedan ir desarrollando diferentes ciclos de innovación de productos antes de comenzar un nuevo ciclo de innovación de proceso. La Figura 12.4 ilustra esta situación (elaborada a partir de Noori, 1990, pág. 108).

Figura 12.3. Interrelaciones entre innovación en productos y procesos a lo largo del tiempo.

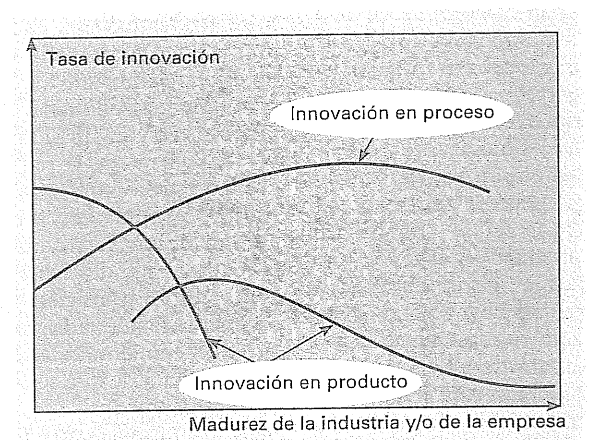


Figura 12.4. El impacto de las nuevas tecnologías sobre la relación entre las innovaciones en productos y procesos.

Adicionalmente (véase Capítulo 4), el uso de las nuevas tecnologías puede contribuir a erradicar las dificultades operativas asociadas a la consideración del diseño y la fabricación de un producto como entidades independientes; estas dificultades surgen porque los diseños de los productos (sean éstos nuevos o modificaciones de otros ya existentes) requieren ajustes sustanciales del proceso productivo antes de que puedan ser fabricados. En otras palabras, se necesita abordar la innovación en proceso para posibilitar la realización de las deseadas innovaciones en productos. Los efectos integradores de nuevas tecnologías, como CAD o CAM (véanse Capítulos 10 y 11), pueden permitir a las empresas gestionar mejor la interacción dinámica entre las innovaciones en productos y procesos. La mayor participación y sus efectos se han recogido en la Figura 12.5; desde un punto de vista práctico, este nuevo enfoque sólo se consigue con la integración de Investigación y Desarrollo, Diseño, Ingeniería, Fabricación y Marketing (véanse Capítulos 4 y 5).

Aunque Investigación y Desarrollo suelen ser términos que, normalmente, aparecen unidos, es útil realizar en este momento una distinción entre ambos. Esta permite diferenciar las compañías que están orientadas básicamente hacia la investigación de aquéllas otras enfocadas hacia el desarrollo. Las que tienden a ser pioneras en el desarrollo de nuevas tecnologías suelen pertenecer al primer grupo, en tanto que el segundo suele estar formado por las adoptantes de tecnologías ya probadas. Por otra parte, dentro del propio concepto **Investigación** podemos distinguir entre Investigación **básica** o **fundamental** y **aplicada** o **dirigida**. La primera implica la generación de nuevos conocimientos o conceptos, mientras que la segunda se dirige hacia la resolución de problemas técnicos dentro de la firma, siendo utilizada para generar invenciones con una alta probabilidad de ser adoptadas. A pesar de las diferencias entre uno y otro tipo, es frecuente que sus límites se solapen y que las empresas utilicen elementos de ambos en sus esfuerzos por mejorar su posición competitiva (véase Cuadro 12.2 (adaptado de Noori, 1990, pág. 110)).

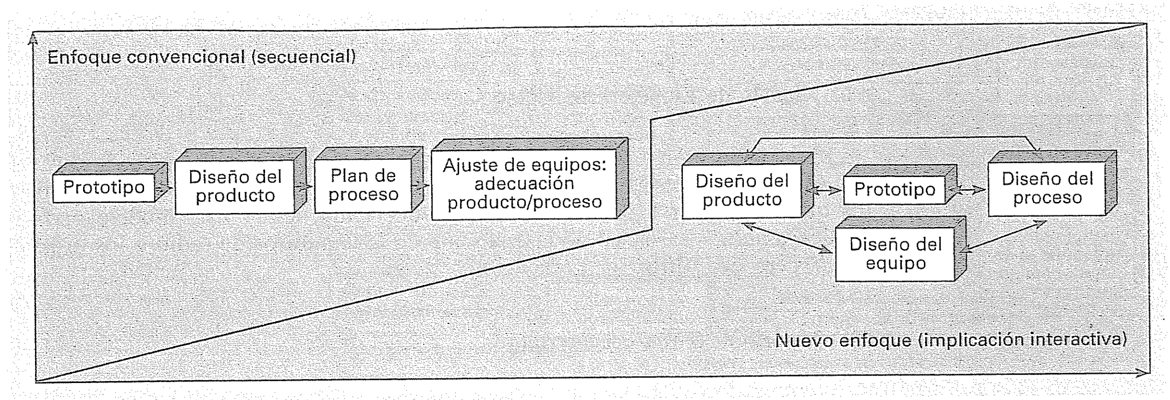


Figura 12.5. Un enfoque integrado del diseño de productos y procesos.

Cuadro 12.2. Rasgos principales de la Investigación y Desarrollo

Características	Investigación Básica	Investigación Aplicada	Desarrollo
Objetivo primordial	Generar nuevos conocimientos y conceptos científicos.	Generar invenciones que puedan ser utilizadas dentro de la empresa.	Modificar las invenciones e innovaciones para resolver necesidades específicas de la empresa.
Enfoque	Bajo (sin dirección).	Medio: dirigido hacia la solución de problemas genéricos.	Alto: dirigido hacia la solución de problemas específicos de la empresa.
Fuente	Administración, Universidades y algunos líderes tecnológicos.	Líderes tecnológicos.	Seguidores tecnológicos.
Filosofía	Descubrir algo que cambie la forma de hacer las cosas, expandir las fronteras del conocimiento.	Situarse en la frontera de avances tecnológicos en la industria.	Implantar y perfeccionar tecnologías ya probadas.

12.2.2. Modelización del proceso de innovación

Como demuestra la literatura existente, conseguir el éxito en la innovación es un proceso complejo. La filosofía básica subyacente en este concepto radica en que permite el ajuste entre las capacidades técnicas y las necesidades del mercado, lo cual quiere decir que para que una innovación tenga éxito ha de ser capaz de reconocer las demandas y proporcionar los medios técnicos para atenderlas. El modelo de Utterback (véase Figura 12.2) explica que el proceso de innovación se ve altamente afectado por dos fuerzas del entorno: el estado actual del conocimiento técnico y el uso actual de productos y procesos, junto a las necesidades y deseos de nuevos productos y procesos. El ajuste entre necesidades y disponibili-

dades se puede explicar mediante cualquiera de los tres modelos que a continuación se describen.

A) Modelo de Empuje tecnológico

La investigación y el desarrollo son las fuentes iniciales de las ideas innovadoras. Cada nuevo descubrimiento disparará una secuencia lineal de acontecimientos que puede dar lugar a la aplicación de la invención. Este modelo permite explicar algunos casos, como la aparición de los aparatos de radio o los ordenadores, pero deja otros sin explicación.

B) Modelo de Tirón del mercado

Puede ser que las innovaciones no cuenten con un mercado potencial, en cuyo caso nunca podrían ser aplicadas y no pasarían de la categoría de inventos. Los defensores de este modelo sugieren que las necesidades expresadas por el mercado crean nuevas oportunidades de productos que, a su vez, estimulan la actividad de I+D para determinar la existencia de alguna solución posible. Sin embargo, el modelo, además de olvidar el riesgo asociado a invertir el presupuesto de investigación partiendo del único criterio de la estimación del mercado, no parece ser válido cuando tienen lugar innovaciones inusuales o discontinuas, que suelen requerir un cambio en las costumbres y actitudes de los consumidores (por ejemplo: el caso de los miniordenadores), los cuales no suceden inmediatamente. A ello se añade que las estimaciones de Marketing no podrían predecir la necesidad de un producto aún inexistente y que estas estimaciones suelen limitarse al corto plazo, período en el que lo habitual es que no se produzcan cambios radicales en el comportamiento de los consumidores.

C) Un modelo de Enfoque integrador

Existen evidencias empíricas que apoyan la idea de que sin un esfuerzo de marketing, por un lado, y de la tecnología, por otro, las invenciones no se convierten en innovaciones. Se cree que un enfoque integrador del proceso innovador asegura, en mayor grado, que la Dirección esté al tanto y sea capaz de responder a los cambios tecnológicos, tales como, por ejemplo, los planteados por las nuevas tecnologías de fabricación e información. Algunos autores han tratado de identificar los motivos que llevan a que una tecnología emerja en un determinado momento y de una determinada forma, así como los espacios o lugares a los que se dirigen normalmente las empresas para explorar nuevas oportunidades tecnológicas. Fleck (1988), por ejemplo, estima que se trata de un proceso interactivo en el que las tecnologías afectan a la forma en que las organizaciones las usan, lo cual, a su vez, afecta a la siguiente etapa de desarrollo. Las características organizativas y de gestión no sólo pueden inhibir o promover la difusión e implantación de una tecnología, sino que también juegan un importante papel en su desarrollo y evolución. El enfoque integrador es, por tanto, particularmente aplicable a la actual generación de tecnologías de fabricación complejas y altamente integradas, que representan sistemas y no diferentes elementos tecnológicos. La Figura 12.6 (adaptada de Munro y Noori, 1989, pág. 64) ilustra este enfoque.

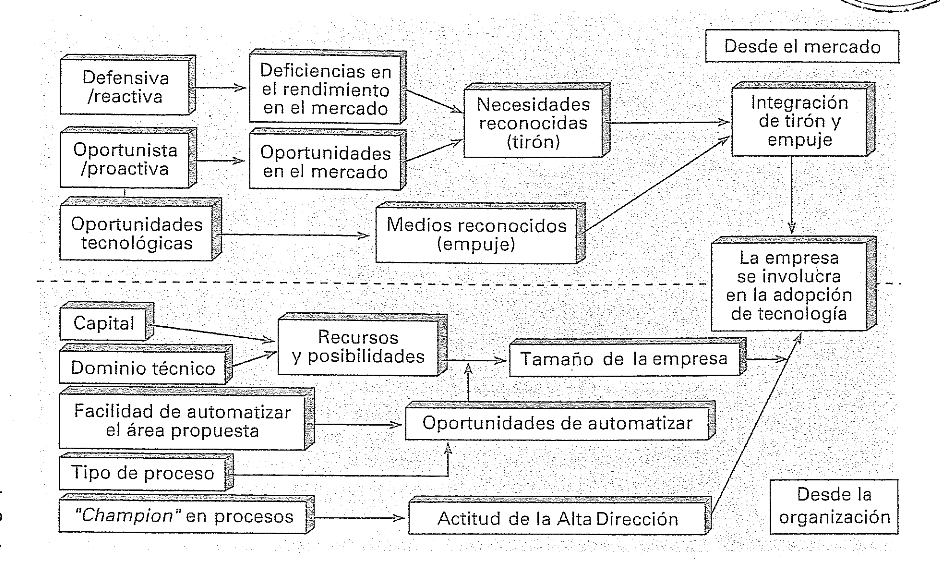


Figura 12.6. Visión integrada de Tirón del Mercado y Empuje de la Tecnología.

12.2.3. Factores que afectan a la innovación

Diferentes factores externos e internos ejercen su influencia sobre el proceso de innovación. Entre los primeros, los más destacados son el entorno económico dominante, las características de oferta y demanda, las características del sector industrial en el que se espera desarrollar la innovación y la política gubernamental. Entre los segundos se suele citar el tamaño empresarial, que afecta positivamente (en el sentido de que las grandes empresas suelen tener una mayor disponibilidad de recursos) y negativamente (si se considera la mayor complejidad burocrática de las mismas, que frena el proceso innovador y el sistema de comunicación).

12.2.4. Difusión y fomento de la innovación

Desde que se produce un descubrimiento científico hasta que se convierte en una tecnología comercializable suele transcurrir un lapso de tiempo cuya longitud puede tener una repercusión importante sobre la eficacia de la estrategia tecnológica que la empresa pretende seguir. La Figura 12.7 ilustra esta situación (adaptada de Noori, 1990, pág. 116).

Del análisis de esta figura se puede detectar que, por una parte, al proceso de la innovación le sigue un ciclo continuo y que, por otra, existen dos opciones estratégicas y tecnológicas que pueden ser viables para la empresa. Así, los líderes tecnológicos pueden aumentar la eficiencia de su estrategia mediante la reducción del lapso de tiempo que discurre entre el descubrimiento científico y la invención, o bien mediante la reducción del período de tiempo que transcurre entre la invención y la innovación. Cualquiera de estas dos vías conduce a un aumento de la tasa de generación de innovaciones tecnológicas, lo que, a su vez, acorta el tiempo de que disponen los seguidores tecnológicos para explotar las nuevas

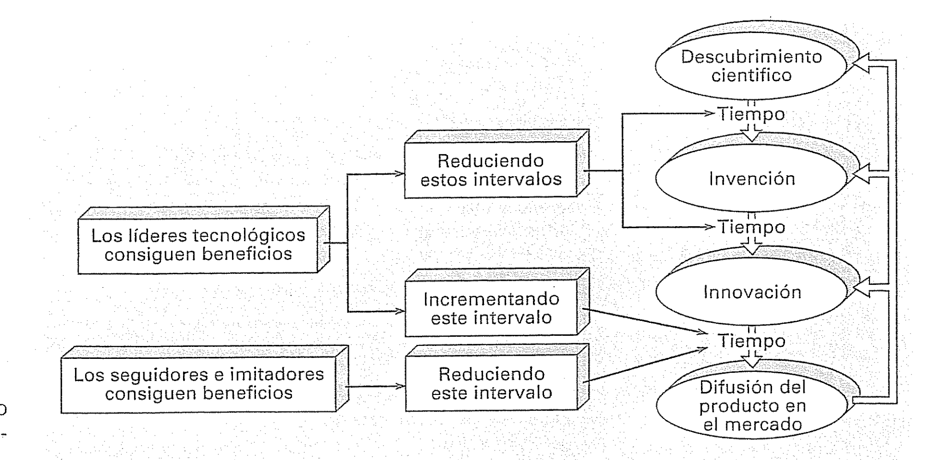


Figura 12.7. El proceso Invención-Innovación-Difusión a lo largo del tiempo.

ideas de otros. De igual modo, estos líderes pueden incrementar la eficacia de la estrategia si son capaces de alargar el diferencial de tiempo que necesitarán sus competidores. Si estas empresas logran evitar una rápida difusión de las ideas hacia otras empresas, dispondrán de más tiempo para dedicarlo a la explotación de las posibilidades y ventajas de la innovación. Obviamente, los competidores pueden actuar en sentido contrario, esto es, acelerando el período que necesitan para «apropiarse» de las ideas de los líderes.

Cuando alcanzan su difusión, un buen número de tecnologías pueden contribuir de forma directa o indirecta a la generación de las siguientes, lo cual quiere decir que, tras un determinado tiempo, el ciclo vuelve a repetirse. Adicionalmente, las empresas pueden encontrar conveniente, en función de sus objetivos y fortalezas competitivas, dedicar un mayor tiempo y esfuerzo a la comercialización de conceptos ya existentes y a desarrollar versiones «a la medida» que les permitan crear su propio nicho de mercado. Esta es la línea que han seguido numerosas empresas japonesas, como perfectamente ilustra el caso del desarrollo de los equipos de vídeo (Wood, 1987, pág. 17).

Estas reducciones o incrementos de los lapsos de tiempo pueden verse afectadas positiva o negativamente por la actitud que la empresa mantenga hacia la comercialización de sus «secretos», el acuerdo cooperativo con competidores y/o usuarios y la transferencia de tecnología. Como señala Von Hippel (1988), algunos ingenieros se muestran particularmente proclives a adelantar los resultados de sus investigaciones (todavía caracterizados como «secretos» por las empresas en las que desarrollan su actividad) a las entidades de la competencia, esperando que esta actitud sea considerada un favor que, más tarde o más temprano, podrán cobrarse. En algunos casos, esta actitud es beneficiosa para la empresa cuyos secretos están siendo difundidos, aunque ésta es la situación menos habitual. En los casos de impacto negativo, la mejor actitud que la empresa puede asumir es la de abrir sus puertas a los competidores, compartiendo beneficios con éstos, pero también riesgos. Por lo que respecta a los **acuerdos de cooperación**, en algunos casos es necesario mantenerlos con las empresas competidoras, dada la magnitud de los proyectos y la necesidad de ayuda externa. En otros casos, estos acuerdos se firman con los potenciales usuarios, que son los que indican qué características

debería presentar la tecnología para que fuese rápida y adecuadamente comercializable; este ha sido el caso habitual en el desarrollo de las tecnologías de sistemas integrados como CAD/CAM, FMS o CIM. Por último, la transferencia de tecnología puede tener lugar entre distintas empresas o bien dentro de una misma entidad. En esta segunda situación, la tecnología puede ser transferida verticalmente, esto es, entre distintos departamentos, como por ejemplo entre I+D y fabricación, o bien horizontalmente, en cuyo caso la tecnología se transfiere entre las diferentes divisiones de la empresa[4].

12.3. GESTION DE LA TECNOLOGIA

En un sentido amplio, la **Gestión de la Tecnología** puede ser definida como *la arquitectura o configuración de los sistemas de gestión, políticas y procedimientos que gobiernan el funcionamiento estratégico y operativo de la empresa, con el fin de alcanzar sus fines y objetivos* (Badawy y Badawy, 1993, pág. 2). Representa, por tanto, la Arquitectura Sociotécnica de la organización y, en este sentido, la tecnología ha de ser entendida en un amplio sentido, no limitándose a la consideración de una entidad física; así, no ha de interpretarse como un objeto o una herramienta, ni tampoco como un método o como un diseño lógico. Esta ha de ocuparse de un entorno físico, social y humano, esto es, ha de concentrarse en las ideologías, las políticas y las herramientas empleadas por la Dirección al gestionar las actividades funcionales de la empresa (por ejemplo: Fabricación, Marketing, Recursos Humanos...) y sus interrelaciones e interacciones en un sistema integrado para la consecución de la misión y metas organizativas.

Siendo tan amplio el cometido de la misma resulta imposible estudiarlo con todo detalle en un manual que, como el nuestro, pretende concentrarse primordialmente en la Dirección de Operaciones y en sus repercusiones estratégicas. Por tal motivo, en las líneas siguientes nos dedicaremos, esencialmente, a considerar las nuevas tecnologías de fabricación y de la información, su incidencia sobre la formulación de la Estrategia de Operaciones, las relaciones entre ésta y la Estrategia Empresarial y, por último, los procesos de selección y valoración de las nuevas tecnologías, aspectos que reúnen un mayor interés para los responsables de Operaciones[5].

12.3.1. Las nuevas tecnologías y la Estrategia de Operaciones

Las potencialidades operativas de una firma determinan la eficacia de las actuaciones de otras funciones[6], así como la importancia del impacto que las decisiones del Subsistema de Operaciones pueden ejercer sobre la Estrategia de la Empresa. Como vimos en el Capítulo 3, el proceso de formulación de esta última debe tener en cuenta, entre otras, las fortalezas y debilidades de su Subsistema de Operaciones; las primeras pueden permitir la generación de alguna competencia distintiva que facilite el logro de una mayor ventaja competitiva. Precisamente,

[4] Para una información detallada sobre acuerdos de cooperación y alianzas tecnológicas puede acudirse a Schill y otros (1994), De Meyer (1993) o Shield (1989).

[5] Ello no presupone que los demás aspectos deban serles ajenos (véase Capítulo 11).

[6] Este hecho ha sido demostrado por diferentes autores, como, por ejemplo, Skinner (1969), Wheelwright y Hayes (1985), Hill (1985), Haas (1987) o Garvin (1994).

los apartados siguientes están dedicados a evaluar dichas fortalezas y debilidades, así como a la elaboración de la cartera tecnológica de la empresa.

Las nuevas tecnologías han sentado las bases para que se produzca la presencia conjunta de economías de escala y de gama, fenómeno al que se denomina **economías de integración**, cuya aparición suele tener lugar cuando se están implantando tecnologías con el fin último de lograr un entorno CIM. Estos (véanse los Capítulos 10 y 11) contribuyen a la eliminación de aquellos factores que han impedido la coexistencia de las dos economías mencionadas, puesto que (Noori, 1990, págs. 133-136):

- La especialización se consigue mediante software en lugar de hardware, reduciendo considerablemente la rigidez de los equipos dedicados.
- Los efectos de la curva de aprendizaje son anulados mediante aplicaciones de software que se encargan de vigilar que se desarrollen siempre las operaciones de forma perfecta y en el mismo período de tiempo.
- El control informatizado de la programación, maquinaria, flujos de materiales y herramientas elimina la confusión que suele reinar en las fábricas «no-enfocadas».
- Los lotes económicos de fabricación se pueden reducir hasta la unidad mediante la radical reducción de los tiempos de lanzamiento y el control informático que vigila la perfección de las operaciones y el tiempo de procesado.

El concurso de las economías de integración propicia la sustitución de la conocida matriz productos-procesos de Wheelwright y Hayes (1985) (véase Capítulo 5) por matrices alternativas, en las que además de las características del tipo de proceso y producto, se tengan en cuenta las distintas flexibilidades, niveles de calidad, costes unitarios, volúmenes agregados de fabricación y las repercusiones financieras. La Figura 12.8 ilustra este nuevo enfoque.

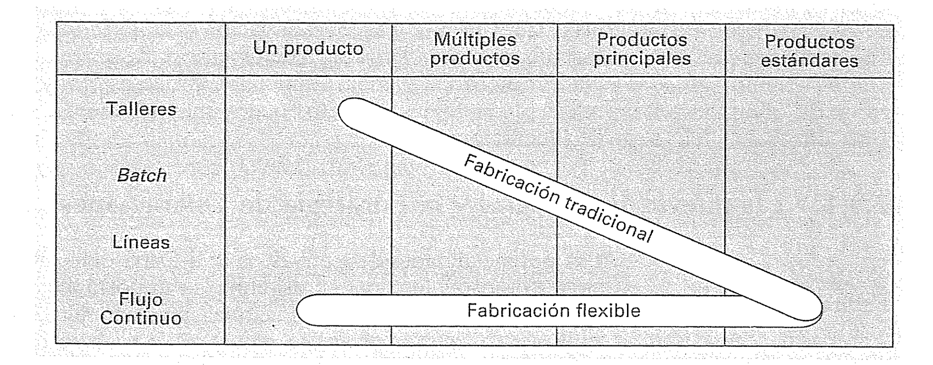


Figura 12.8. Las nuevas tecnologías y la matriz productos-procesos.

Al poder contar con maquinaria de múltiples usos es posible utilizar la capacidad ociosa de la fabricación de un producto para producir otro, lo cual supone una vía eficaz para resolver posibles problemas de capacidad y de demanda variable para los distintos productos. Intentar conseguir conjuntamente los objetivos de costes, calidad, flexibilidad y fiabilidad en la entrega es consistente con el concepto de economías de integración. Al eliminar las barreras que tradicionalmente han impedido la consecución simultánea de los cuatro objetivos anteriores, dos nuevos límites aparecen: la imaginación y la visión estratégica.

12.3.2. Las nuevas tecnologías y la estrategia de la empresa

El cambio tecnológico no sólo puede modificar la importancia relativa de los factores claves de una industria y, por tanto, de su estructura competitiva, sino que, además, es una herramienta cuyo uso constituye una poderosa ayuda para lograr el liderazgo en costes y la diferenciación en productos, así como para generar lo que se conoce como «estrategias de nuevo juego», pudiendo proporcionar una ventaja competitiva a la empresa que lo adopte.

12.3.2.1. *Tecnología y estrategias de liderazgo en costes*

Uno de los medios más eficaces para lograr competir con éxito y reforzar la posición competitiva consiste en ofrecer productos cuyo precio sea inferior al de los competidores, lo cual se traduce en conseguir una reducción de costes; ésta afecta a las partidas de I+D, fabricación, marketing, distribución y depreciación. Las estrategias de liderazgo en costes son también conocidas como estrategias de volumen; ello obedece a que, tal y como demuestran las evidencias empíricas, se pueden conseguir menores costes unitarios de fabricación cuanto mayor sea la producción total acumulada (véanse Capítulos 5 y 7). La aparición de este fenómeno obedece a diferentes factores, siendo los más relevantes las economías de escala, el efecto aprendizaje y la innovación.

La investigación y desarrollo, el diseño de productos y, en general, el mantenimiento de la capacidad tecnológica de una empresa implican unos elevados costes fijos. Cuanto mayores sean para una industria la importancia de la tecnología y las inversiones necesarias para su adquisición y utilización, mayores serán los esfuerzos de la misma para lograr que los efectos de las economías de escala se manifiesten en toda su amplitud. De este modo, las empresas con mayores volúmenes de fabricación y ventas intentarán crear una ventaja en costes (Porter, 1980). Esta es la situación de los fabricantes de aviones comerciales, los cuales, para conseguir un precio competitivo para sus productos, han de entablar duras batallas a fin de asegurarse la mayor cuota de mercado posible. Sin embargo, no sólo sobrevivirán las empresas que puedan conseguir economías de escala. También las empresas pequeñas podrán recurrir a la tecnología para compensar sus menores cuotas de mercado, inferiores volúmenes de fabricación y experiencia limitada. En ocasiones, a través de las adecuadas mejoras en el proceso productivo, sin necesidad de que concurran mejoras en productos, pueden lograrse importantes reducciones de costes. Estas mejoras permiten a las empresas ocupar una posición dominante durante el período de tiempo en que poseen la exclusividad sobre su uso, por lo que es aconsejable que ésta se prolongue el mayor período de tiempo posible.

Es importante, asimismo, *diferenciar entre aquellas innovaciones que contribuyen a incrementar el efecto aprendizaje y aquellas otras que, por el contrario, tienden a anularlo.* Entre las primeras se encuentran las innovaciones incrementales, que requieren pequeñas inversiones y no necesitan ir acompañadas por la adquisición de nuevos equipos y/o plantas. Su finalidad es la de reducir costes a la par que se minimizan las modificaciones en los productos y procesos. La aplicación de este tipo de innovaciones suele degenerar en una inercia que hace a las grandes empresas especialmente vulnerables a los cambios tecnológicos introducidos por pequeñas entidades que, sin poseer suficiente experiencia, consiguen importantes disminuciones de costes. Las segundas son esencialmente innovaciones fundamentales o radicales, que afectan tanto al diseño del producto como al

del proceso, llevando a menores costes. La utilización de equipos sofisticados puede conducir a una situación de liderazgo de las firmas que introducen este tipo de innovaciones, pero esta ventaja es de carácter coyuntural, puesto que estos equipos estarán pronto disponibles para los competidores (Keller, 1989). Para lograr que la ventaja se mantenga, las empresas deben esforzarse no sólo por mantener un control exclusivo sobre la innovación, sino también por cambiar el propio modo de operar, de forma que su experiencia no pueda ser trasladable a otras. Como ya se indicó en el capítulo anterior, la implementación de una nueva tecnología debe ir acompañada de los necesarios cambios organizativos, siendo éstos los que presentan mayor dificultad en su consecución. De este modo, el cambio introducido puede convertirse en una nueva curva de aprendizaje que los competidores habrían de asumir desde el inicio, frente a los conocimientos ya adquiridos por la entidad innovadora que la introdujo.

12.3.2.2. *Tecnología y estrategias de diferenciación*

Aunque la tecnología desempeña un papel crucial en la ejecución de estrategias de liderazgo en costes, su importancia es aún mayor en las estrategias de diferenciación, las cuales están orientadas a proporcionar a las empresas una ventaja competitiva basada en aquellas características específicas de sus productos que son reconocidas y valoradas por los clientes y persiguen amortiguar el impacto de la competencia en precios (Porter, 1985). Su aplicación requiere que la especificidad de un producto a lo largo de un período de tiempo sea sostenible y que los consumidores estén dispuestos a pagar un precio por ella. Para mantenerla se puede acudir a fijar un derecho de propiedad sobre la misma, esto es, a protegerla mediante patentes o marcas registradas, o bien a añadir a la característica particular del producto la ventaja de una superioridad en costes, que hace muy difícil a los competidores entrar a fabricar el mismo producto. Estas dos opciones no son excluyentes entre sí, sino que pueden irse complementando a lo largo del tiempo a fin de crear un nicho competitivo. Las estrategias de diferenciación van a depender directamente de la tecnología, puesto que ésta es un instrumento de gran valía para reforzar la oferta empresarial con productos únicos, a precios adecuados y difíciles de imitar por los competidores. Ejemplos notables de empresas que han utilizado la tecnología para construir y afianzar su ventaja competitiva son Dupont de Nemours (nylon), Michelin (neumáticos radiales), Polaroid (películas instantáneas) o Xerox (máquinas fotocopiadoras), entre otras.

Dos factores claves para conseguir la diferenciación mediante el uso de una determinada tecnología son **el valor** y **la reproducibilidad**. El primero indica la percepción de los consumidores sobre aquellas características del producto o servicio obtenidas en virtud de la utilización de la tecnología. Esta percepción, que se puede monetarizar, incidirá sobre el precio a fijar y el tamaño del mercado potencial. La segunda hace referencia a la medida en que el uso de la tecnología confiere un carácter único al producto y al grado en que dicho uso y, por tanto, el propio producto, está protegido de la imitación de los competidores. Es difícil controlar la percepción del cliente y el valor que éste atribuye al producto, lo cual suele conducir a fracasos comerciales a pesar de la efectiva superioridad técnica del bien o servicio. Una estimación errónea del posible valor del mismo y, consiguientemente, una inadecuada estrategia de diferenciación, puede acarrear importantes consecuencias negativas para la empresa. Este tipo de estrategia no sólo suele conducir a mayores costes variables, sino también a mayores costes de I+D; para compensarlos, los precios han de ser superiores, lo cual se traduce en

una reducción del tamaño del mercado que, a su vez, conlleva una nueva subida de precios. Se entra de este modo en un círculo vicioso de perversas consecuencias. Una posible vía para evitar incurrir en esta situación puede ser la utilización del concepto de *análisis del valor añadido*, el cual, al determinar aquellas actividades, primarias o auxiliares[7], que proporcionan (o pueden proporcionar) a la firma una ventaja competitiva, permite identificar sus competencias distintivas para, en base a ellas, determinar cómo reducir los costes, diferenciar sus productos, etc. (Fernández y Fernández, 1988, pág. 31). La tecnología afecta a la cadena de valor de tres formas distintas (Shapiro y otros, 1993):

— *Reduciendo los costes operativos* del fabricante.
— *Reduciendo todos los costes* del producto y permitiendo reducir los precios para el cliente; en este caso, parece que sería mejor desplazarse hacia una estrategia de liderazgo en costes.
— *Mejorando el valor del producto* a través de la consecución de un rendimiento superior.

Estos tres efectos pueden producirse simultáneamente, como sucede, por ejemplo, cuando se comercializa un nuevo componente que permite mejores rendimientos del producto final, menores costes operativos y un mejor precio para el cliente.

En relación a **la reproducibilidad**, hay que hacer notar que la peculiaridad de cada producto ha de ser protegida de algún modo a fin de que la empresa que lo ofrece pueda beneficiarse durante el mayor tiempo posible de este rasgo distintivo. Ello suele lograrse mediante mejoras continuadas de las tecnologías de las que las empresas son propietarias. Cuando la elaboración de un producto requiere del concurso de conocimientos especializados, altamente complejos y particulares, su protección frente a los competidores está garantizada por esta complejidad, que impide la rápida imitación. Contrariamente, cuando las tecnologías empleadas son fácilmente imitables, es preciso adoptar una medida para lograr, al menos, una protección legal, como puede ser la vía de las patentes. Simultáneamente, las empresas deben ejecutar acciones que ayuden a evitar que los límites legales sean transgredidos.

12.3.2.3. *Tecnología y estrategias de nuevo juego*

Las denominadas **estrategias de nuevo juego** persiguen acelerar el ritmo de utilización de una determinada tecnología en una industria dada. Las empresas que dominan una cierta tecnología pueden estar interesadas en hacer que ésta se convierta en líder en el mercado, lo que les permitiría consolidar su posición dominante y elevar las barreras de entrada para los competidores. Es por ello que se afirma que sólo se podrá utilizar este tipo de estrategia cuando se parta de una situación tecnológica fuerte o, en otras palabras, se posea un gran experiencia con la misma o se pueda alcanzar más experiencia relativa que los competidores a través de la generación de una nueva curva de aprendizaje. En este sentido, la utilización del enfoque Justo a Tiempo (JIT) o el uso de los sistemas FMS, pueden crear las bases para el desarrollo de una estrategia de nuevo juego, en cuanto que reducen significativamente las ventajas en costes de las largas series de fabricación (Womack y otros, 1990).

---

[7] Porter, autor del concepto de cadena de valor, describe a ésta como constituida por un conjunto de actividades primarias y auxiliares (véase Apartado 13.3.1).

12.3.3. La selección de la tecnología

La selección de la tecnología y de la Estrategia de Operaciones debe buscar la complementariedad entre ambas. Por desgracia, es más común de lo que sería deseable que esta selección no se efectúe atendiendo a sus repercusiones estratégicas, sino de forma parcial y como parte de otras estrategias funcionales diferentes a la de Operaciones. Como ya se ha mencionado, la nueva tecnología no sólo ayuda a determinar la posible competencia distintiva de una firma o a la implementación de la Estrategia de Empresa, sino que, además, puede cambiar por completo la estructura de un sector industrial. Es por ello que el desarrollo de la estrategia tecnológica debería prestar una especial atención a los siguientes factores:

- Debe desarrollarse conjuntamente con las estrategias de Marketing, Operaciones, y otras áreas funcionales, pues existe una interacción clara entre las respectivas decisiones.
- Debe ser consistente con la Estrategia Empresarial, pues la elección adecuada de tecnología proporciona ventaja competitiva.
- Debe apoyar cualquier revisión futura de la Estrategia Corporativa y de la ventaja competitiva de la firma.

La **Estrategia Tecnológica** es básicamente un instrumento, integrado y multi-funcional, para la valoración y consideración del conjunto de posibles opciones tecnológicas de la empresa dentro de su gama actual y futura de negocio. Su gestión estratégica implica ir más allá en la anticipación del cambio tecnológico, combinando los enfoques externos y «reactivos» de los modelos de generación de escenarios y previsiones con las perspectivas internas y «proactivas» de gestión de la innovación; no consiste tanto en anticiparse al cambio señalado, como en determinar cómo puede usarse la tecnología para crear una ventaja competitiva. Ello supone tener en cuenta el entorno de la empresa y sus propias capacidades técnicas, junto a la integración de las decisiones relacionadas con la tecnología en el proceso general de formulación de la estrategia.

Antes de seleccionar aquellas opciones a emplear y formular la estrategia, la empresa debe inventariar las tecnologías que ya posee y determinar sus fortalezas y debilidades, lo cual permite evaluar las capacidades relativas existentes; puede trazarse una tipología competitiva tras analizar críticamente sus posibilidades desde el punto de vista estratégico. Por último, la consideración del ciclo de vida de las tecnologías coloca a su auditoría en una perspectiva dinámica que conduce a la elaboración de la **cartera tecnológica de la empresa** (Dussauge y otros, 1992, Capítulo 4). A estos aspectos dedicamos los subapartados que siguen.

12.3.3.1. *Inventario de los activos tecnológicos de la empresa*

Cada producto incorpora un conjunto de tecnologías distintivas e identificables, cuya integración en el proceso de formulación de la estrategia requiere, precisamente, que sean identificadas todas las poseídas por una firma dada. Esta revisión le proporciona su **inventario tecnológico.** Aunque este paso puede parecer obvio y de sentido común, resulta sorprendente comprobar que un número muy elevado de empresas no están al tanto de las tecnologías que poseen o de la extensión de sus posibilidades; este desconocimiento contrasta sobremanera con el detallado conocimiento que las mismas empresas poseen de otros activos tangibles y de los financieros. Así pues, aunque los activos tecnológicos desempeñan un papel clave en la rentabilidad de la empresa, no aparecen suficientemente detallados en su

balance. Esta ignorancia se debe, en parte, al hecho de que éstos están integrados en la destreza y habilidades de directivos y empleados, esto es, fundidas en el capital humano, por lo que son difíciles de cuantificar. Otra dificultad añadida para realizar el inventario procede de su complejidad intrínseca. Por todas estas razones, esta tarea debe ser realizada en estrecha colaboración con las unidades que han desarrollado o utilizado las mismas.

A pesar de las dificultades señaladas, el inventario es un elemento necesario. De hecho, sirve para detectar qué tecnologías pueden ser necesarias pero no se poseen, las aplicaciones potenciales de las disponibles, o la comparación de éstas con las de sus competidores para identificar los desfases existentes o las debilidades de los adversarios. No obstante, no debe ser considerado como un fin en sí mismo; su uso es muy limitado si no permite llegar a efectuar una evaluación del impacto competitivo de las diferentes tecnologías.

12.3.3.2. *Caracterización de los tipos tecnológicos*

Las distintas tecnologías empleadas por una empresa no generan necesariamente el mismo impacto competitivo. El dominio de alguna de ellas es una condición para el éxito, dadas sus repercusiones sobre costes y diferenciación, mientras que la contribución de otras puede ser menos importante, bien por tener poca influencia sobre los objetivos mencionados, bien porque pueden acceder a ellas todos los componentes de una industria.

La empresa consultora Arthur D. Little clasifica las tecnologías en tres grupos (véase Roussel y otros, 1991): *básicas, claves* y *emergentes.* Las **básicas** son las utilizadas intensivamente por la empresa, pero que están al alcance de cualquier competidor. En muchos casos, su dominio les permite conseguir una ventaja competitiva temporal, pero no sostenida. Las **claves** son las que, en un momento dado, ejercen el mayor impacto; constituyen la fuerza conductora de la competencia y la fortaleza que las distintas firmas tienen en relación con ellas se refleja en sus posiciones competitivas. Su dominio se convierte en una cualidad distintiva e indispensable, necesaria para aquellas entidades que quieran alcanzar el éxito en un determinado proyecto. Por último, las tecnologías **emergentes** son las que se encuentran en la etapa de desarrollo y que, por el momento, no cuentan con aplicaciones concretas. Su empleo en un proyecto empresarial determinado es, por el momento, marginal; sin embargo, en un futuro, podrían tener un impacto potencial importante y algunas podrían pasar a ser tecnologías clave. Su utilización es arriesgada porque su fiabilidad, su eficiencia y el modo en que afecta a los costes y rendimientos, son, por el momento, desconocidos. La caracterización de cada tecnología dependerá, esencialmente, del papel que desempeñe dentro de cada actividad emprendida por la empresa, pudiéndose dar la circunstancia de que una tecnología dada pueda pertenecer indistintamente a las tres categorías señaladas en función del proyecto en el que se aplique.

El impacto competitivo de la tecnología puede cambiar a lo largo del tiempo; para recoger este efecto, resulta extremadamente conveniente examinar el ciclo de vida de las tecnologías.

12.3.3.3. *El ciclo de vida de la tecnología*

Las estimaciones sobre el desarrollo de las tecnologías pueden ser de gran ayuda para la selección de las mismas. En un cierto grado, los métodos de creación de escenarios están diseñados para atender a esta necesidad; sin embargo, estos modelos y métodos están todavía muy alejados de los problemas de la gestión

estratégica. Instrumentos de mayor utilidad son los denominados **ciclos de vida de la tecnología**, que muestran su desarrollo a lo largo del tiempo; éste parece seguir una curva en forma de S, cuando el eje vertical representa el nivel de avance tecnológico adicional y el eje de abscisas el tiempo (véase Figura 12.9 (Roussel y otros, 1991, pág. 61)). En la primera fase del desarrollo la empresa debe acometer una importante inversión antes de ver algún resultado; esta etapa tiene un marcado carácter de experimentación del tipo «prueba y error» y se caracteriza por la eficiencia limitada de las aplicaciones de la tecnología en comparación con los recursos asignados al proyecto. En la segunda fase la firma ha recogido cierta cantidad de información, formación y *know-how* sobre la tecnología; el progreso tiene lugar rápidamente y va generando un incremento en la eficiencia de las aplicaciones; se trata en este caso de pequeñas inversiones adicionales que producen mayores mejoras en el rendimiento. En la tercera y cuarta fase del desarrollo de una tecnología las mejoras resultantes van disminuyendo progresivamente, lo cual quiere decir que, para adquirir un nivel dado de mejoras en el rendimiento, la empresa debe ir efectuando cada vez mayores inversiones. Esta evolución se debe a que los límites de la tecnología están siendo alcanzados; llegar a este punto indicaría que, probablemente, la inversión producirá mejores resultados si se asigna al desarrollo de otras tecnologías que se encuentren en las etapas anteriores de la curva en S.

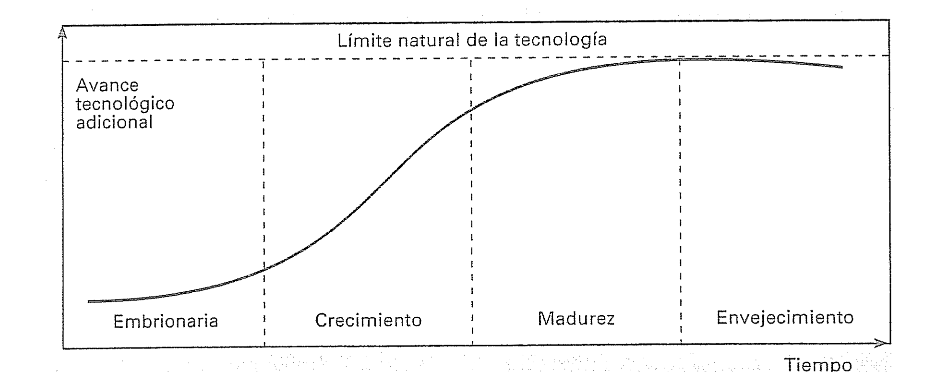


Figura 12.9. Relación entre el estado del conocimiento tecnológico y la posibilidad de que se produzcan avances adicionales.

Así pues, la posibilidad de localizar la etapa del ciclo de vida en que se encuentra una determinada tecnología tiene importantes repercusiones estratégicas, pues permite determinar si merece la pena seguir invirtiendo en ella o desplazarse hacia otras. Esta observación es importante porque implica que las empresas no deberían asignar sistemáticamente un presupuesto a las secciones de I+D para la mejora de las tecnologías poseídas[8]; el presupuesto en base cero podría ser la regla para la asignación de los recursos, que debería determinarse a partir del potencial restante de mejora de cada una de ellas. Es posible determinar los límites de la mayoría de las tecnologías si se solicitan las opiniones de los especialistas en investigación fundamental en las áreas específicas; además, dentro de cada empresa, diferentes señales indican cuándo el proceso de desarrollo de una tecnología alcanza sus límites naturales; éstas son (Foster, 1982)[9]:

- Declive apreciable en la productividad de los departamentos de I+D.
- Clara tendencia a no alcanzar las fechas límites.
- Tendencia hacia la mejora de procesos y no de productos.
- Emergencia de competidores que han elegido alternativas tecnológicas radicalmente diferentes.
- Limitada diferencia en términos de rendimiento con los competidores a pesar de existir diferencias importantes en el capítulo de gastos en tecnología.

El cambio tecnológico podría ser perfectamente gestionado por una empresa que siguiera un proceso como el descrito en la Figura 12.10 (A.D. Little, 1981)[10].

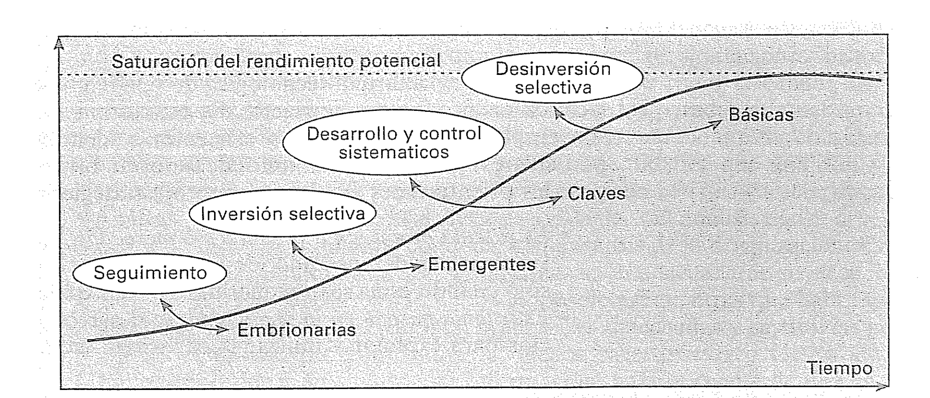


Figura 12.10. La política de inversiones y las fases del ciclo de vida de un proceso.

12.3.3.4. *La cartera tecnológica*

El inventario de los activos tecnológicos, la evaluación del impacto competitivo de las distintas tecnologías y la valoración del lugar que ocupan en el ciclo de vida pueden conducir a un mejor entendimiento del presente apartado. La determinación de la cartera tecnológica persigue la elaboración de un diagnóstico general de la situación de la empresa en este campo. Las diferentes tecnologías desarrolladas por la firma se sitúan sobre una matriz cuyas dos dimensiones reflejan criterios esenciales para la evaluación de los activos desde una perspectiva estratégica; Pappas (1984) desarrolló un modelo basado en dos dimensiones de cada tecnología: *Impacto competitivo* (posible potencial diferenciador) y *posición en el ciclo de vida;* al ubicar las tecnologías de la empresa en esta matriz se posibilita la evaluación de los activos tecnológicos. La Figura 12.11 (adaptada de Morin, 1985) representa una cartera tecnológica equilibrada, en la que se han

[8] El caso español puede ser tomado como ejemplo de la observación efectuada. De acuerdo con Molero (1992), «la relación entre los recursos dedicados a la I+D en nuestro país y las ventajas tecnológicas conseguidas es muy débil, lo que puede indicar que se han concentrado esfuerzos en sectores industriales en los que las capacidades tecnológicas no son competitivas y que las obtenidas no siempre son las designadas prioritarias en la política tecnológica». En el mismo sentido, Molero y Molas (1991) indican que las inversiones en I+D parecen haberse concentrado en la adaptación de tecnologías procedentes del exterior, lo que ha frenado significativamente el alcance innovador de la inversión.

[9] Citado en Dussauge y otros (1992, pág. 80).

[10] Citado en Dussauge y otros (1992, pág. 81).

considerado simultáneamente el impacto competitivo y la madurez de las tecnologías de una empresa.

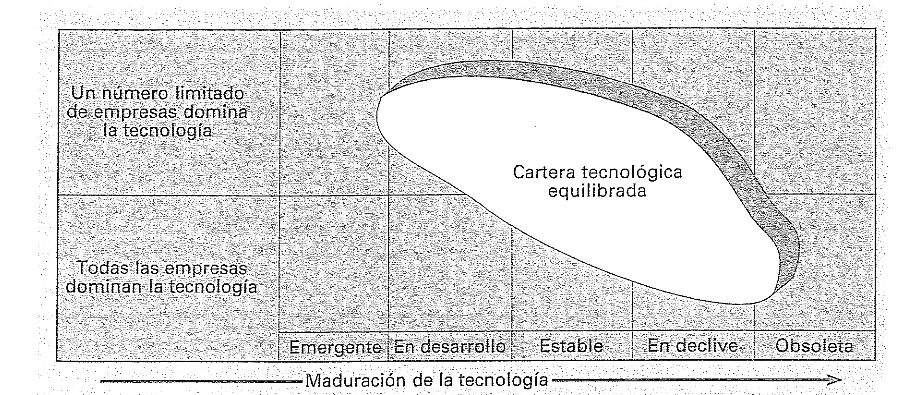


Figura 12.11. Representación de una cartera tecnológica equilibrada.

Por último, la cartera tecnológica de una empresa puede ser analizada en relación a sus productos y proyectos. De esta forma, es posible determinar en cuáles son empleadas las tecnologías existentes e identificar aquéllas compartidas o particulares para cada conjunto de unos u otros. Este estudio muestra dos posibles orientaciones en el movimiento estratégico de la firma:

- *Estrategia orientada a productos o mercados:* enfocada a obtener ventaja de las sinergias del mercado, desarrollando o adquiriendo nuevas tecnologías sólo cuando éstas sean requeridas por la expansión de la línea de producto.
- *Estrategia basada en la tecnología:* se desarrollan nuevos productos o negocios para explotar y utilizar la capacidad tecnológica de una empresa.

12.3.4. Valoración de las inversiones en nuevas tecnologías

El marco para la evaluación de los aspectos económicos vinculados a la inversión en nuevas tecnologías es distinto al empleado para su justificación, radicando la diferencia esencial en cómo se determina la inversión a efectuar. Es necesario contemplar el sistema como un todo, en el que las decisiones sobre tecnología no queden aisladas si se desea que ésta ayude a conseguir los objetivos y metas de la organización, siendo necesario, por tanto, el apoyo y la participación de las restantes funciones. Este enfoque integrado va más allá de estudiar aisladamente inversiones diferentes en Investigación y Desarrollo, en Marketing o en los recursos productivos necesarios, promoviendo la consideración de todas las inversiones complementarias que la unidad empresarial ha de efectuar para conseguir sus objetivos específicos. Los nuevos productos, por ejemplo, influyen sobre todas las funciones de una unidad operativa, no sólo sobre Investigación y Desarrollo. Por ello, la inversión en nuevas tecnologías para fabricar nuevos productos debe tener en cuenta las necesidades de Producción y de Marketing.

Esencialmente son dos las razones principales por las que las empresas invierten en tecnología: mejorar su rendimiento financiero y reforzar su posición competitiva; las demás razones son secundarias. Cuando surge una nueva tecnología, lo que más interesa conocer es dónde y cómo puede ser aplicada; la evaluación económica de las inversiones en nuevas tecnologías no comienza, pues, con la justificación de la inversión, sino que ésta es la última etapa de un proceso que debe prestar la atención necesaria a los siguientes factores (Gaynor, 1991, Capítulo 8):

- **Conocimiento de la actividad empresarial y de las necesidades futuras.** Requiere saber lo que la empresa desea alcanzar y cómo espera alcanzarlo; exige conocer las interrelaciones existentes entre los diferentes grupos funcionales y, por tanto, no limitarse a los aspectos financieros, sino también a los vínculos existentes entre Investigación y Desarrollo, Fabricación y Marketing. Fijar objetivos y metas puede ser un proceso relativamente simple, pero determinar cómo se ha de gestionar el proceso que permitirá alcanzar las metas requiere algo más que un poco de atención.
- **Conocimiento de las limitaciones de recursos.** Todos los recursos de la empresa son interdependientes y esenciales para lograr las metas organizativas. El conocimiento de la actividad empresarial debe prevalecer, debiendo ser tanto específico y detallado como integrado, de modo que se puedan obtener los beneficios de la sinergia. Sea cual sea el recurso considerado ha de prestarse atención a la disponibilidad, capacidad, limitaciones, historia del uso en el pasado, etc. Ello representa algo así como la calidad de la carretera por la que se circulará en el futuro y las paradas que habrán de producirse por mal funcionamiento y averías. Aunque todas estas consideraciones pueden parecer obvias, son pocas las entidades que analizan sus recursos en profundidad y actúan en concordancia con sus características.
- **Análisis y síntesis de las necesidades de tecnología.** El análisis de las necesidades de tecnología no debe conducir a la parálisis de la organización. Esta debe mantener una información y contabilización adecuada de sus tecnologías, tanto de las nuevas como de las ya obsoletas; mientras que habrá que mantener algunas de ellas, otras habrán de ser desechadas y sustituidas por nuevos equipos o procedimientos. Al menos Investigación y Desarrollo y Fabricación deben mantener esta información, habida cuenta de que entre sus obligaciones está la de conocer y comprender cuáles son las tecnologías de la competencia. A pesar de ello, el eslabón perdido en todas las organizaciones suele ser el conocimiento de la síntesis de las tecnologías requeridas por parte de Investigación y Desarrollo, Fabricación y, en buena medida, Marketing. Esta síntesis tiene sus comienzos en las primeras etapas de la inversión en la tecnología necesaria para el diseño y desarrollo del concepto de un nuevo producto y no ha de esperar hasta que una fase esté completada para implicar a un nuevo grupo funcional. Si, por ejemplo, una entidad debe tomar una decisión estratégica para automatizar de forma extensiva el proceso productivo, es imposible ignorar su efecto sobre Investigación y Desarrollo. La automatización sólo es eficiente y eficaz cuando los nuevos productos se diseñan para ser fabricados en los nuevos equipos automatizados.
- **Diseño del sistema de cambio y alternativas.** Las empresas deberían comenzar por desarrollar un esquema con varias alternativas que tenga en cuenta las necesidades demandadas por la actividad empresarial, la disponibilidad de recursos y el análisis y síntesis de las tecnologías necesarias, indicando qué aspectos y cómo necesitan ser examinados para poder desarrollar dife-

rentes alternativas. La elaboración de los escenarios no es sencilla y ha de involucrar a todos aquéllos que conocen las nuevas tecnologías, sus posibilidades y limitaciones, siendo muy importante que las personas seleccionadas pertenezcan y representen a todos los grupos funcionales.
- **Evaluación de alternativas.** La evaluación económica debe comenzar con la valoración de la credibilidad de la información y de sus fuentes, pues, con independencia de la sofisticación alcanzada por los criterios de evaluación que se empleen, su éxito depende de la validez de la información utilizada.
- **Selección de la alternativa apropiada.** Esta alternativa será la que mejor satisfaga los criterios empresariales preestablecidos, si bien es cierto que en raras ocasiones se cumplen todos los criterios.

12.3.4.1. *Consideraciones previas a la evaluación de inversiones en nuevas tecnologías*

Como Meredith apunta (1989, pág. 247), con las tecnologías convencionales las adquisiciones de equipos productivos han atendido básicamente a necesidades concretas de aumento de capacidad o reducciones de costes. En los casos de ampliación de capacidad podía asumirse, sin excesiva dificultad, que los volúmenes superiores de producción permitidos por los nuevos equipos posibilitarían la aparición de economías de escala, un aumento de las ventas y, en consecuencia, un mayor beneficio para la empresa. Bajo tales supuestos, la justificación de la inversión no debía revestir dificultades significativas. En el caso de las reducciones de costes, un análisis relativamente simple de los ahorros potenciales, corregidos por el valor del dinero en el tiempo, señalaba a los responsables de la inversión la conveniencia de la misma. Sin embargo, las situaciones en las que actualmente se propone la automatización tienen poco o nada que ver con las circunstancias anteriores. Como se ha mencionado, las economías de integración permiten obtener las ventajas conjuntas de las economías de escala y de alcance o gama, reduciendo sus inconvenientes.

Para evaluar adecuadamente la inversión en nuevas tecnologías es conveniente recordar que una de sus principales características hace referencia a su potencial para la obtención de beneficios intangibles (véase Capítulo 10), entre los cuales se suelen citar (Noori, 1990, pág. 205):

- Aumento de la uniformidad de los productos.
- Aumento de la capacidad para entrar rápidamente en el mercado.
- Aumento del fondo de comercio, generado por la nueva reputación adquirida por la empresa.
- Sinergias con otros equipos.
- Mejoras en la programación y control de talleres.
- Aumento de la flexibilidad, que conduce a un aumento de las opciones estratégicas y a la reducción del riesgo de obsolescencia.
- Mejor imagen de marca en el mercado como consecuencia de la mejor calidad de los productos.
- Capacidad para responder con rapidez a los avances futuros de la tecnología.
- Compensación de la adopción de tecnología de los competidores.
- Mejora en la moral de los trabajadores.
- Reducción de la necesidad de readiestramiento y formación.
- Aumento de la utilización de equipos y mano de obra.

- Reducción de las necesidades de gestión y transporte de materiales.
- Aumento de la disciplina en el proceso productivo.
- Aumento de la seguridad.

Estos aspectos pueden resultar difíciles de monetarizar, por lo que los criterios convencionales de valoración y justificación de inversiones, fundamentados en el análisis numérico de costes y beneficios, no parecen especialmente aptos como elementos de juicio para el proceso de toma de decisiones en las condiciones mencionadas. El énfasis en los datos sobre costes, una vez que se produce un cambio en las variables competitivas (mayor importancia de la calidad, flexibilidad y fiabilidad en los tiempos de entrega), tiene consecuencias negativas sobre el proceso de toma de decisiones. Así, la perfección y exactitud del sistema de costes han erigido una fachada de objetividad sobre unos datos que no eran los más adecuados para informar el actual proceso de toma de decisiones; con el criterio del coste no se puede analizar con propiedad el proceso de compras de materias primas, por cuanto ello puede conllevar un decremento de la calidad; tampoco se pueden enjuiciar desviaciones en la actividad de una máquina, dado que ello supondría potenciar una fabricación excesiva por encima de las demandas efectivas del cliente, etc. (véase Cuadro 12.3).

El objetivo último es encontrar un método que tenga en cuenta los intangibles y sea capaz de convertirlos en tangibles, pues una gran parte de éstos puede ser cuantificada y «monetarizada», si bien es obvio que este proceso requiere un alto grado de integridad y un importante esfuerzo de seguimiento. El fracaso en la materialización de los intangibles tiene lugar cuando las organizaciones descuidan los pasos que llevarán a la consecución de las reducciones de costes esperadas; éste tiene efectos nefastos, en cuanto que supone que, implícitamente, se está otorgando a los intangibles un valor prácticamente nulo, retrasándose la adopción de las nuevas tecnologías y no controlándose posteriormente la consecución de los beneficios mencionados (Kaplan, 1984).

Otro importante problema asociado a los sistemas convencionales de valoración radica en su uso de las estimaciones de costes proporcionadas por el sistema contable. Es de esperar que, cuanto mejores sean las estimaciones sobre los costes esperados para un producto tras incorporar una nueva tecnología, más fiabilidad puede esperarse del valor que a esa adquisición indiquen las técnicas convencionales de valoración. Sin embargo, los sistemas de costes convencionales no parecen estar proporcionando una información útil. Tayles y Drury (1994) proporcionan evidencias empíricas de los cambios que, según los directivos británicos de empresas que han adoptado la filosofía productiva Justo a Tiempo y/o han adquirido sistemas de fabricación flexibles (FMS), deberían producirse urgentemente en los sistemas de cálculo de costes.

Por otra parte, como diferentes autores sugieren[11], la estructura del coste de producción ha cambiado, de forma que, en la actualidad, la mano de obra directa está perdiendo peso como principal componente del coste del producto, mientras que los costes indirectos están incrementando su participación. Este crecimiento de los costes indirectos hace que sea poco razonable que se utilice el 10-15 por 100 del coste (mano de obra directa) para asignar el 30-35 por 100 del coste (costes indirectos). La eficiencia del sistema de contabilidad de costes convencional ha sido, consiguientemente, puesta en duda, surgiendo la necesidad de utilizar

---

[11] Pueden verse los trabajos de Kerremans y otros (1991), Berliner y Brimson (1988) o los de Gunn (1992).

procedimientos que den una respuesta adecuada al nuevo entorno competitivo (véase Cuadro 12.3, elaborado por Salvador Carmona Moreno).

A pesar de que los métodos de valoración y justificación contable-financieros «convencionales» infravaloran significativamente los beneficios potenciales de las nuevas tecnologías, esto no supone que pierdan totalmente su validez y utilidad. De hecho, dada su sencillez y claridad, algunas de estas técnicas pueden resultar especialmente útiles para la evaluación individual de equipos y maquinaria (por ejemplo: los robots o las máquinas herramientas). Ello no obsta, sin embargo, para que todas las estimaciones hayan de buscar el mayor nivel de detalle y precisión posible, especialmente en lo que atañe a los costes asociados. Si, por el contrario, se trata de valorar inversiones en equipos que presentan una mayor integración, como es el caso de los sistemas CAD/CAM o FMS, así como sistemas integrados para la planificación y control de la producción como MRP II, la aplicación de los criterios convencionales ha de analizarse con detenimiento, a fin de que sus propias limitaciones no afecten al proceso de valoración de la adquisición de los equipos. La implementación de la inversión seleccionada va a dar lugar a algo más que números y los analistas deben comenzar por prestar atención a la credibilidad e integridad de los valores estimados a priori y los obtenidos a posteriori.

Cuadro 12.3. Los modernos sistemas de fabricación y la Contabilidad de Costes

Los cambios en las técnicas de Gestión de Operaciones y en las Tecnologías de Fabricación han motivado una serie de crisis en los modelos de Contabilidad de Costes y en la forma de entenderla. Los modelos convencionales se asientan sobre un modelo económico neoclásico, así como sobre la asunción de un sistema productivo intensivo en mano de obra. En este aspecto concreto, el sistema de costes es fiel a sus orígenes de finales del siglo XIX y comienzos del XX, donde se daban comúnmente casos de empresas en las que la proporción de la mano de obra directa en el coste final del producto era, fácilmente, el 50 ó 60 por 100 del coste total.

Esta situación ha cambiado en numerosos sectores industriales y está cambiando en otros muchos. Las inversiones intensivas en tecnología hacen que la mano de obra llegue a ser solamente un 10-15 por 100 del coste total. Sin embargo, y paradójicamente, los costes indirectos se siguen asignando en función de la mano de obra directa. Así, se da el caso de que el 10 por 100 del coste sirve para asignar al producto el 30-40 por 100 del mismo. Consiguientemente, el coste final resulta ser una cifra que carece de validez para decisiones sobre precios o para gestionar la eficiencia en la asignación de recursos.

Pero no han sido solamente las tecnologías de fabricación las que han provocado esta crisis en los sistemas de costes. Así, los nuevos métodos de planificación y control (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994), no sólo han hecho inútiles algunos esfuerzos de la Contabilidad de Costes convencional sino que, más aún, la han convertido en un instrumento potencialmente peligroso en la implantación de estas técnicas. Por ejemplo, las compras JIT permiten que sea el proveedor quien suministre las materias primas a la línea de producción; pues bien, la existencia de centros de costes de almacenamiento, inspección, etc., no hace sino enfatizar la asignación de fondos presupuestarios a unas tareas que son innecesarias. En este sentido, lo que ocurre es que, habiendo presupuesto disponible para inspeccionar, se inspecciona, y ello supone un serio menoscabo de la filosofía.

Idénticamente ocurre con la calidad. El modelo convencional de Contabilidad de Costes elude, por ejemplo, las desviaciones en precios de compras de materias primas. Estas desviaciones son anomalías, algo que hay que evitar; pues bien, para evitar estas desviaciones, suele ocurrir que los responsables de compras adquieren materiales de peor calidad. Con ello están anteponiendo la variable precio a la variable calidad y, en definitiva, ponen en peligro la estrategia de calidad de la empresa.

Todas estas cuestiones han motivado una revisión en profundidad de los fundamentos de los modelos convencionales de Contabilidad de Costes. Actualmente, es el modelo conocido como ABC (*Activity Based Costing*, al que se hizo referencia en J. A. D. Machuca y otros (1994, Apartado 5.5)) el que parece responder más satisfactoriamente a situaciones en las que se dan objetivos múltiples (calidad, flexibilidad, tiempo de entrega, coste y servicio), sistemas de producción complejos (FMS, AMT o similares) y una amplia variedad de productos.

ABC se fundamenta en la idea de que los productos no consumen costes, sino que consumen actividades. A su vez, son las actividades las que consumen recursos. Por ello, la política de reducción de costes *per se* carece de sentido. El origen del consumo de recursos está en las actividades y éstas son las que hay que analizar y, en su caso, reducir. Con este motivo, las actividades son analizadas y clasificadas en cuatro tipos distintos: a nivel de producto individual, a nivel de lote, a nivel de línea y a nivel de empresa.

Las **actividades a nivel de producto individual** son aquéllas que se ejectuan cada vez que se fabrica un producto; un ejemplo de este tipo de actividad, en el caso de un amortiguador, es el consumo de acero, del que es una función directa. Las **actividades a nivel de lote** son aquéllas que se ejecutan cada vez que se produce un lote de productos; por ejemplo, si cada vez que se fabrica un lote distinto hay que hacer un ajuste de modelo, dicha actividad está unida a la fabricación de lotes y, desde una perspectiva de ABC, se tratará de reducir su tiempo o, si fuera posible, incluso eliminarla. Las **actividades a nivel de línea** son las que afectan al conjunto de la misma (por ejemplo: la distribución en planta, las mejoras en la ergonomía de los puestos de trabajo etc.). Finalmente, las **actividades a nivel de empresa** son aquéllas que afectan por igual al conjunto de la firma; es el caso de las actividades de Administración General.

Según ABC, el coste del producto está formado por el agregado de las actividades a nivel unitario, de lote y de línea. El enfrentamiento de estos costes con la corriente de ingresos que generan tiene como consecuencia el cálculo del resultado del producto. El agregado de todos los productos se detraerá posteriormente de las actividades a nivel de empresa.

Con este procedimiento, que hemos explicado muy sucintamente, ABC pretende eliminar en lo posible el problema de asignación de los costes indirectos. De esta forma, dichos costes se vinculan a actividades concretas y no se repercuten a los productos mediante curiosos ratios de asignación. Las consecuencias de la aplicación de sistemas ABC han sido, en general, positivas en cuanto al diseño y están todavía por contrastarse las relativas a su implantación práctica.

12.3.4.2. *Limitaciones de los sistemas convencionales de valoración y selección de proyectos*

Puede decirse, con carácter general, que todos los modelos de valoración de inversiones, sin excepción, presentan alguna deficiencia cuando se aplican a las nuevas tecnologías (Gaynor, 1991, pág. 172). Algunas de estas deficiencias son:

- Carencia de diferenciación de la importancia estratégica de la inversión.
- Hipótesis no válidas inherentes al modelo.
- Hipótesis intrínsecas y extrínsecas sobre la actividad empresarial que no son válidas.
- Inadecuado ajuste entre el modelo y la inversión que se esté considerando.
- Desconocimiento por parte de los profesionales que usan el sistema de los parámetros de entrada.
- Problemas en la interpretación de los outputs del modelo.

Entre estas *limitaciones*, y descendiendo en el nivel de detalle y generalización, aquéllas que *más afectan a la valoración de la adquisición de nuevas tecnologías* de fabricación son las relacionadas con la *fijación de la tasa de actualización* y la *negligencia en la consideración de los beneficios intangibles*.

Por lo que respecta a la **tasa de actualización**, diferentes evidencias empíricas coinciden en señalar que las empresas fijan valores excesivamente altos, los cuales no reflejan el auténtico coste del capital, sino que más bien responden al deseo de una mayor cobertura ante el riesgo[12]. Esta práctica resulta claramente inadecua-

[12] Pueden consultarse a este respecto los trabajos de Hill y Dimnik (1985), Lefley y Wharton (1993) o Tayles y Drury (1994).

da si se tiene presente que la introducción de nuevas tecnologías no significa necesariamente un encarecimiento del coste de capital, sino que, por el contrario, puede incluso esperarse que se produzcan descensos en el mismo[13]. Este descenso suele estar provocado por la mayor flexibilidad proporcionada por las nuevas tecnologías, que puede traducirse en un menor riesgo de obsolescencia técnica y al mismo tiempo en una mayor capacidad para ampliar la gama de productos a un coste razonable.

Son varios los autores[14] que coinciden en señalar que la estimación de esta tasa debería tener en cuenta que la inversión en nuevas tecnologías suele obedecer a motivos estratégicos, relacionados con el mantenimiento y mejora de la situación competitiva de la empresa. La información relevante a recabar sobre cada proyecto de inversión estará, por tanto, más vinculada a la medida en que el proyecto coadyuve a la consecución de esos objetivos que a cuál será su coste o a cómo será la composición de los fondos financieros a emplear. La repercusión estratégica de la inversión sugiere la conveniencia de tener como referencia obligada el entorno financiero en el que opera el sector industrial al que la empresa en cuestión pertenezca. Así, para determinar la tasa a utilizar, cada empresa debería estimar:

- El coste de capital de sus principales competidores.
- El coste de capital que habrá de afrontar en el futuro si sus competidores adquieren la nueva tecnología.
- La capacidad futura de negociación del coste de capital tras efectuar la inversión en nuevas tecnologías.

Se suele asumir con relativa frecuencia que la cuota de mercado se mantendrá constante sin necesidad de invertir en nuevas tecnologías; esta hipótesis es poco realista, en cuanto que supone que los competidores tampoco realizarán inversiones en nuevas tecnologías destinadas a mejorar su posición competitiva. Cuando no se cumple dicha hipótesis, la empresa que no invierta en tecnología sólo logrará mantener su cuota de mercado mediante sucesivas reducciones en los precios de sus productos, dando lugar a unos ingresos por ventas inferiores a los estimados. De hecho, la base más adecuada para la comparación sería la de asumir que la cuota de mercado descenderá si no se llevan a cabo las nuevas inversiones[15].

Por lo que respecta al **olvido de los beneficios intangibles**, no sólo no se suelen valorar los mencionados anteriormente, sino que tampoco se presta atención a: las sinergias logradas con la integración de las islas de automatización mediante una base de datos común, las situaciones de complementariedad que se generan entre las tecnologías avanzadas y otras variables organizativas, el fuerte efecto aprendizaje de las nuevas tecnologías o las interacciones entre sinergias y aprendizajes (Meredith y Camm, 1989). Al no considerar esta segunda limitación de los criterios convencionales, pierde su razón de ser el proceso de evaluación, que debería reflejar el enfoque escalonado que conducirá posteriormente a la autorización o denegación del proyecto. No se parte de datos agregados que se van

[13] Para una mayor información sobre esta cuestión y, concretamente, para el caso español, puede consultarse el trabajo de Fernández Steinko (1992).

[14] Para un estudio más detallado de esta cuestión puede acudirse a Alvarez Gil (1992), (1993a) y (1993b).

[15] Esta afirmación es válida para aquellas entidades que ya hayan intentado mejorar sus procesos productivos por vías diferentes a la adquisición de nuevas tecnologías. La automatización no es la clave del éxito si no va acompañada por una serie de medidas previas tanto de tipo técnico como organizativo, a las cuáles se ha aludido en los capítulos anteriores.

desagregando secuencialmente, sino que se van presentando porciones de un proyecto total. Las empresas caen en la trampa de invertir únicamente en aquellos pequeños proyectos que conduzcan a pequeñas mejoras incrementales, que generan beneficios a corto plazo fácilmente cuantificables y que dan lugar a valores actuales netos positivos. Estas pequeñas inversiones pueden consumir los fondos que, de otro modo, podrían destinarse a la adquisición de un proyecto de mayor envergadura y de potenciales beneficios estratégicos que, en el medio y largo plazo, permitiría alcanzar un valor actual neto claramente superior al resultado de la suma de los reducidos valores proporcionados por el conjunto de pequeñas inversiones. Es relativamente fácil caer en esta trampa porque (Kaplan,1986):

- La teoría convencional señala que se puede acometer cualquier proyecto con un valor actual neto positivo.
- Numerosas empresas tienen fácil acceso a fondos limitados para efectuar inversiones menores, pero les es muy difícil obtener sumas cuantiosas de fondos.
- Las grandes inversiones requieren normalmente ser informadas por el conjunto de los departamentos de la organización, lo que lleva a que se soslaye su consideración bajo la excusa del enorme esfuerzo que conlleva la recogida de los informes.
- Las grandes inversiones pueden eliminar del escenario pequeñas inversiones incrementales que, si bien no han generado ningún beneficio claro, interesan de manera especial a grupos de poder dentro de la empresa.

El desplazamiento de beneficios tangibles hacia intangibles, tal como el originado por la adopción de nuevas tecnologías productivas, genera un cambio en las bases del proceso de decisión, desde la formulación matemática (sostenida por elementos cuantitativos) hacia la aplicación de juicios fundamentados en información cualitativa[16]. Los directivos «modernos», que ponen toda su confianza en los métodos cuantitativos, pueden estar sobrevalorando el valor de estos últimos en los aspectos relacionados con las inversiones empresariales[17]. La inversión en tecnología requiere un juicio y éste requiere un conocimiento; el buen uso de la intuición se basa en un perfecto conocimiento de la actividad empresarial y la industria a la que pertenece, por lo que no es una tarea sencilla que se pueda acometer de la noche a la mañana. Implica asimismo la habilidad de saber cuándo no debe realizarse una inversión debido a las condiciones desfavorables del entorno o a las cambiantes necesidades del mercado. En ocasiones, los sistemas expertos pueden reunir esta intuición y ayudar a los analistas a seleccionar las tecnologías que permitirán la progresiva renovación de los sistemas manufactureros; su enfoque combina el proceso heurístico de toma de decisión de los expertos económicos con los modelos cuantitativos. Por ahora, su ámbito de aplicación es muy reducido, limitándose básicamente a la valoración de la sustitución de tecnología empleada en sistemas de montaje. No debe olvidarse que, por el momento, su uso conlleva algunos inconvenientes, uno de los cuales es que se basan en datos del pasado y que se asume que el futuro se comportará de forma análoga; esto puede ser grave porque las inversiones en tecnologías son para el futuro y el sistema debería reunir y considerar alguna información sobre el mismo.

[16] Las empresas españolas que han adoptado nuevas tecnologías han prestado una importante atención a los criterios cualitativos y, según manifestaciones de las mismas empresas, la adquisición fue considerada en numerosas ocasiones como un «acto de fe» (Martínez Sánchez, 1993).

[17] Las técnicas multicriterio, abordadas en el Anexo a la Parte II, permiten combinar ambos tipos de criterios.

12.3.4.3. *Diferentes modelos de valoración y selección para los distintos niveles de automatización e integración*

Conforme mayor sea la automatización que se pretenda adquirir, mayor será su repercusión sobre las diferentes áreas funcionales de la empresa, hecho suficientemente reconocido por las entidades manufactureras y de servicios, que lleva a que deban involucrarse en el proceso agentes representativos de las diferentes áreas y niveles jerárquicos de la firma (como ya se vio en el capítulo anterior), así como a que se empleen diferentes técnicas de valoración en función del tipo de nueva tecnología que se desee adquirir. La Figura 12.12 (elaborada a partir de Meredith, 1986, pág. 81) muestra los distintos aspectos a considerar en el proceso de valoración.

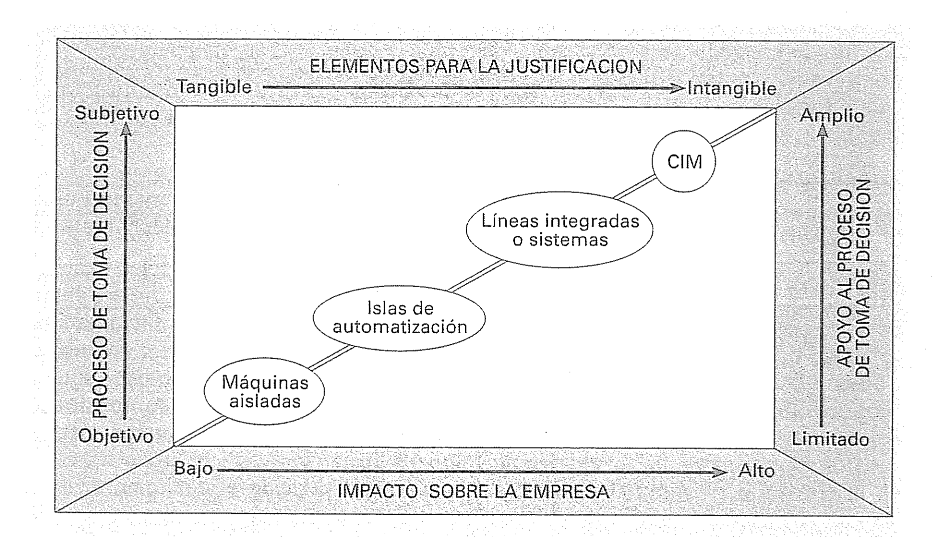


Figura 12.12. Un enfoque pluridisciplinar e integrado para el proceso de valoración de inversiones en nuevas tecnologías.

Así, para la *valoración de equipos individuales o «aislados»* (por ejemplo: robots, máquinas NC, DNC o CNC, sistemas de transporte AGVs, etc.) se sugiere que, además de los criterios tradicionales, se empleen las técnicas basadas en los fundamentos de la teoría de carteras.

Los métodos convencionales como el criterio del valor capital, **VAN**, o el de la tasa de rendimiento interno, **TIR**, proporcionan una información adecuada para comparar *pares de inversiones* (véase Anexo a Parte II), pero no facilitan inputs objetivos para el proceso de toma de decisión sobre la aceptación de una inversión concreta desde una base temporal variable y dinámica. Puede decirse, por tanto, que no son particularmente útiles para expresar el impacto de cada inversión sobre la empresa. En relación al índice **ROI**, que mide la rentabilidad de una inversión como el cash-flow incremental anual sobre la inversión media, persigue esencialmente la determinación de los resultados de la inversión en comparación con la tasa de rentabilidad mínima deseada. Este modelo, además del inconveniente asociado a la dificultad en la estimación de la tasa, presenta la desventaja adicional de favorecer la adopción de inversiones que proporcionan una cierta rentabilidad en los primeros ejercicios, penalizando consiguientemente las inversiones en nuevas tecnologías, cuyos resultados no suelen ser observables en el corto plazo[18]. Los métodos como el **plazo de recuperación** o *pay-back*, proporcionan otra alternativa; esencialmente se trata de estimar el tiempo necesario para recuperar las salidas de caja iniciales provocadas por la inversión. Uno de los puntos débiles de este método es que no considera aquellos cash-flows que se generan más allá del punto muerto. Esto indica que se presta más atención a la definición de la inversión que a la determinación de su verdadero valor.

Mediante la aplicación de los principios de la **teoría de carteras**, las perspectivas se ampliarían y los criterios empleados no se limitarían necesariamente a los económicos. La técnica que se seleccione indicará cómo ha de procederse y la combinación de criterios a seguir. Entre las técnicas a aplicar se encuentran los modelos de programación, los de ponderación y los de opciones de crecimiento. El Cuadro 12.4 recoge una breve descripción de su aplicación.

Cuadro 12.4. Técnicas complementarias para la valoración de inversiones en equipos individuales o aislados

A. Modelos de programación. Los más usados son la programación lineal, por objetivos y en números enteros. En un caso típico de **programación lineal** la función objetivo podría ser la minimización de costes, sujeta a restricciones de productividad, capacidad, mix de productos, etc. Si se emplea la **programación en números enteros**, cada posible inversión sería designada por una variable 0-1 y una de las restricciones sería la disponibilidad de fondos para invertir. La solución indicaría las inversiones aconsejables en función de la disponibilidad financiera. En la **programación por objetivos** algunos de los criterios serían designados objetivos a alcanzar, mientras que otros actuarían como restricciones. Así, los valores económicos pueden ser minimizados o maximizados, siendo posible la inclusión de otros objetivos como tiempo de entrega, calidad, mix de productos, etc. **B. Modelos de ponderación.** Existe una amplia gama de estos modelos, cuya sofisticación puede aumentar o decrecer según las necesidades, permitiendo siempre la	inclusión de varios criterios además de los cuantitativos (véase Anexo a la Parte II). **C. Modelos de opciones de crecimiento.** Esta modalidad se ha adoptado directamente de las teorías y modelos de opciones en el mercado de capitales. Las inversiones en automatización son consideradas opciones de una cartera y se tienen en cuenta las posibilidades que ofrecen las distintas opciones para obtener beneficios en el caso de ser llevadas a cabo. Por ejemplo, las inversiones actuales en equipos «aislados» pueden permitir posteriormente la instalación de un sistema CIM o permitir la utilización de piezas automatizadas más sofisticadas que den lugar a una singular fortaleza competitiva. A través del concepto de opciones de crecimiento se pueden incluir las potenciales ventajas futuras esperadas de la inversión frente a su precio de adquisición. Una importante ventaja de estos modelos es que reconocen explícitamente el peligro futuro asociado a no invertir en el presente.

Un *mayor grado de integración de las tecnologías* a adquirir, como, por ejemplo, la adquisición de un sistema CAD/CAM o una aplicación MRP II (casos en los que los beneficios del uso de una base de datos compartida pueden extenderse a múltiples campos, se minimizan los costes y errores humanos y se logra una mayor consistencia de productos y procesos), requerirá un enfoque de valoración de la inversión distinto al anterior. En estos entornos, los beneficios intangibles cobran cierta relevancia; éstos, vinculados estrechamente a la aparición de sinergias, complementariedades y efectos aprendizaje, añaden ventajas a las empresas,

[18] Las evidencias empíricas muestran que los resultados alcanzados con la introducción de robots no comienzan a ser observables hasta tres años después de su adquisición. Por lo que se refiere a los equipos FMS, es necesario un mínimo de cuatro años.

pero también pueden entrañar graves problemas, no sólo técnicos, sino también organizativos. Como se comentó en el Capítulo 11, si se presentan problemas en un área, rápidamente se difunden por la organización, pudiendo llevar a la interrupción del proceso productivo. Dado este riesgo adicional, estos sistemas integrados demandan para su valoración la utilización de métodos que incluyan el análisis del riesgo y la búsqueda de alguna vía para su eliminación; se considera que son dos las aproximaciones de mayor uso: el *análisis del valor* y el *análisis del riesgo*.

El **análisis del valor** (Keen, 1981) consiste en la minimización del riesgo de la automatización a través de la descomposición de los componentes de éste en dos etapas: en la primera se lleva a cabo una fase de prueba o estudio piloto, a partir de cuyos resultados se estima o desestima la realización de la segunda fase. Este análisis, eminentemente práctico, difiere del enfoque de los estudios de factibilidad, de carácter claramente teórico. Por lo que respecta a la aplicación del **análisis del riesgo** a este contexto, la primera aportación se debe a Hertz y Thomas (1983) y considera el riesgo en la formulación del análisis del propio proyecto, sin necesidad de acudir a experiencias piloto; mediante la simulación se elaboran las distribuciones de probabilidad de los factores que afectan a los costes, beneficios y riesgos del proyecto de inversión en nuevas tecnologías. Las ventajas de esta técnica son múltiples. En primer lugar, dada la necesidad de partir de una distribución de probabilidad del riesgo, todos los elementos que le afecten han de ser identificados. En segundo lugar, es posible realizar numerosas medidas de costes y beneficios y los resultados de la simulación incluirán la probabilidad de no conseguir un valor predeterminado de los mismos. Otra ventaja es que puede acudirse a las reglas de dominancia estadística para separar los proyectos más convenientes de los menos deseables. Por último, este proceso emplea una aproximación analítica, de aplicación más sencilla y menor coste que la experimentación o los estudios piloto.

Cuando se trata de inversiones que implican *el mayor nivel de integración* hay que prestar una atención especial a las cuestiones de índole estratégica. Es por ello que se deben emplear metodologías de valoración que recojan esta dimensión[19]. Todos los modelos y técnicas comentados desempeñan un papel importante en este contexto, puesto que los factores económicos, cualitativos y de riesgo han de ser considerados, aunque el factor predominante sea la consecución del objetivo estratégico. Hay que tener presente que las inversiones que respondan a motivos estratégicos sólo podrán ser justificadas si la estrategia de la empresa está bien definida y documentada, haciendo referencia explícita al empleo de tecnología avanzada y a los objetivos que se pretenden alcanzar mediante el uso de la misma. Para la valoración y justificación de inversiones de este tipo suelen tenerse en cuenta, entre otros factores, la relevancia de la adquisición desde el punto de vista técnico, los objetivos empresariales, la ventaja competitiva que permitirá alcanzar y la inclusión de la inversión dentro de la categoría de actuaciones incluidas en el programa de investigación y desarrollo de la empresa. Es necesario, por consiguiente, acudir a un enfoque multidisciplinar que involucre a todas las áreas funcionales y niveles jerárquicos organizativos en el proceso de valoración.

La Figura 12.13 ilustra una propuesta de posible metodología a seguir.

[19] Como, por ejemplo, la teoría de opciones y la teoría de opciones de crecimiento, cuyas aplicaciones al caso que nos ocupa pueden encontrarse en Azzone y otros (1992).

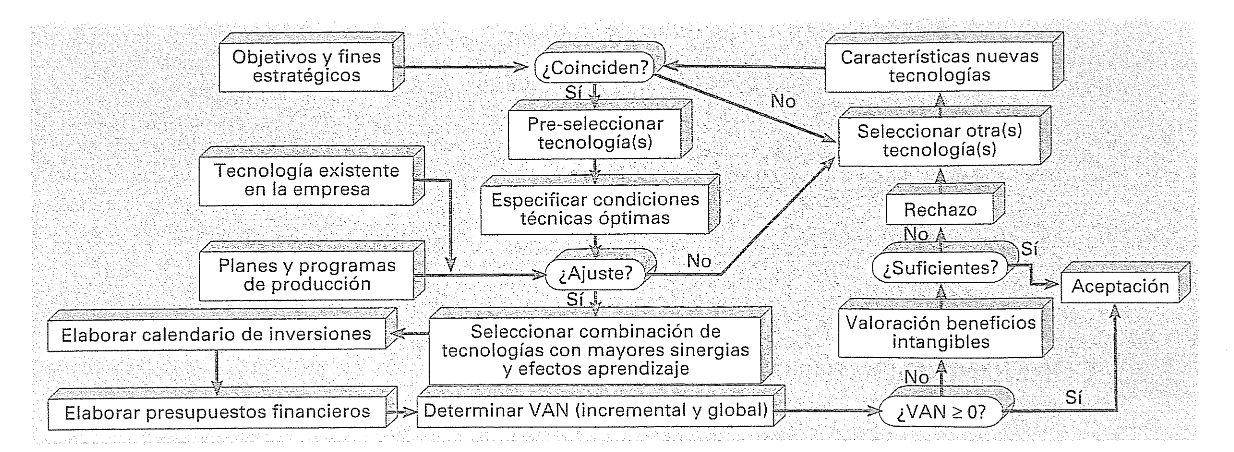


Figura 12.13. Una propuesta de metodología para la valoración.

12.3.4.4. *Líneas maestras a seguir*

La inversión en tecnología no puede estar limitada por la justificación contable. Cambiar la aproximación mental y los procesos de pensamiento asociados a la inversión tecnológica es mucho más importante que la generación de cifras. Es importante reconocer, además, que las inversiones que se efectúen en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de proceso requerirán otras adicionales si los resultados obtenidos pueden transferirse después a la generación de mejores productos o servicios. Las líneas maestras más adecuadas para tomar decisiones de inversión en nuevas tecnologías productivas han de partir de las consideraciones que aparecen en el Cuadro 12.5.

Cuadro 12.5. Líneas maestras a seguir en la valoración y selección de inversiones en nuevas tecnologías

• Es imprescindible que se conozcan y comprendan las alternativas posibles a la inversión analizada desde el punto de vista de la empresa en su conjunto. La incertidumbre forma parte de cada decisión, por lo que las alternativas deben ser consideradas atendiendo a su impacto a medio y largo plazo. • La empresa ha de perseguir la adquisición de un conocimiento «experto» de sus recursos disponibles y sus necesidades adicionales. • Deben delinearse lo más claramente posible aquellos beneficios que se pueden alcanzar si se lleva a cabo la inversión, determinando las consecuencias asociadas a invertir y no invertir. • Durante el proceso de valoración han de considerarse todas las tecnologías y factores que pueden afectar a la inversión, tanto si se dispone de experiencias previas como si se carece de ellas.	• Ha de justificarse lo que sea realmente justificable, no cuestiones preconcebidas que puedan parecer atractivas. El rigor debe presidir el proceso. • Es fundamental determinar el nivel mínimo de inversión inicial que ha de efectuarse hasta que se empiecen a obtener los primeros resultados. Las posteriores inversiones adicionales también deben ser estrechamente vigiladas. • La decisión de invertir o no hacerlo debe tomarse en base a las necesidades del proyecto o la empresa y no limitarla a las prescripciones del dictamen contable-financiero. • El criterio de valoración y posterior justificación de la inversión debe establecerse antes de comenzar el proceso y no durante éste. • Los distintos tipos de tecnologías productivas ejercen diferentes efectos sobre la marcha de la empre-

sa, pero también precisan de distintos esfuerzos organizativos para alcanzar niveles de integración variados. Estas características han de ser tenidas en cuenta al seleccionar la técnica o criterio de valoración y justificación a emplear.

- La evaluación económica «mental» necesita estar presente en todas las discusiones y desde el principio de la formulación del proceso de valoración. Las deliberaciones deben partir de situaciones factibles, lo que implica que debe actuarse desde el conocimiento de las auténticas restricciones financieras, presentes y futuras, lo mismo que las propias limitaciones técnicas o del producto o servicio a generar.

12.4. CONSIDERACIONES FINALES

Como se deduce de los apartados anteriores, la Gestión de la Tecnología es una importante arma competitiva para las empresas y para los países. Su carácter multidisciplinar y su complejidad han llevado a que, en los últimos años, su estudio haya adquirido una gran relevancia, tanto en el ámbito organizativo, como en el nacional e internacional; buena prueba de ello es el hecho de que la propia Unión Europea cuente con programas y fondos especiales dedicados a impulsar y promover el crecimiento y difusión de este campo, así como que las diferentes Administraciones nacionales participan con la creación de premios, concursos, financiación y apoyo técnico especializado para fomentar la innovación empresarial e impulsar la tarea de los departamentos de I+D[20]. Entre los planes nacionales de investigación y desarrollo plurianuales españoles podemos citar el Plan Electrónico e Informático Nacional (PEIN) o el Plan de Automatización Industrial Avanzada (PAUTA), mientras que entre los europeos son bien conocidos los programas ESPRIT, COMMETT o EUREKA.

Asimismo, una gran parte de las Universidades y Centros de Investigación europeos imparten cursos de especialización y postgrado en Gestión de la Innovación y de la Tecnología[21], movimiento en el que España está participando de manera muy activa[22]. Los contenidos de estos programas están bastante homogeneizados, contemplándose, entre otros, los campos que se han recogido en el Cuadro 12.6.

[20] En España, el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) desempeña una importante tarea en este sentido y entidades como COTEC están participando activamente.

[21] Véase Anger Lerville y otros (1992).

[22] Algunos de los Organismos Públicos que imparten cursos de especialización son:

- Diputación Foral de Vizcaya (Centro de Diseño Industrial): Curso Superior en Gestión de la Innovación.
- Universidad Complutense de Madrid (Fundación Universidad-Empresa): Curso Internacional de Economía y Gestión de la Innovación.
- Escuela de Organización Industrial (EOI) Madrid: Programa de Dirección Tecnológica e Industrial.
- Universidad Carlos III de Madrid y Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología: Máster en Análisis y Gestión de la Ciencia y la Tecnología.
- Universidad Autónoma de Madrid.
- IDEGA (Instituto de Desarrollo Gallego).

Cuadro 12.6. Contenidos habituales de los programas de especialización en Gestión de la Innovación y de la Tecnología

— Gestión de Proyectos. — Fundamentos de Marketing Estratégico. — Financiación de I+D. — Evaluación de I+D. — Cambio tecnológico. — Estrategia y Tecnología. — Economía Industrial. — Tecnología y Medio Ambiente. — Gestión de la Tecnología.	— Gestión de I+D e Innovación. — Políticas Tecnológicas. — Auditoría Tecnológica. — Alianzas Estratégicas. — Transferencia de la Tecnología. — Cambio Tecnológico y Cambio Organizativo: Análisis Sociotécnico. — Gestión Científica y Sistemas de Ayuda a la Decisión, etc.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ GIL, M. J.: «La evaluación y selección de proyectos de inversión en tecnologías avanzadas de fabricación (AMTs): tendencias recientes y propuesta de una metodología», *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 1, n.° 3, 1992.

ALVAREZ GIL, M. J.: «Los sistemas de información y las nuevas tecnologías productivas», en CARMONA S. (compilador): Cambio tecnológico y contabilidad de gestión, Publicaciones del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas (ICAC), Ministerio de Economía y Hacienda, 1993a.

ALVAREZ GIL, M. J.: «Repercusiones Económicas y Financieras de la Fabricación Flexible: bases para su determinación», *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, vol. 77, n.° 22, 1993b.

ANGER, L. V.; AZZEDINE, M., y GAYET, C.: «Etude comparée des Programmes D'enseignement Supérieur en Management Technologique en Allemagne, Espagne, France, Grande-Bretagne», Ecole Supérieur de Commerce de Paris, 1992

ARTHUR, D. LITTLE: «The Strategic Management of Technology», 1981.

AZZONE G. y otros.: «Strategic Management and Financial Accounting: An Option Based Approach», Proceedings from the 15th Annual Conference of the European Accounting Association, Madrid, 22-24 abril, 1992.

BADAWY, M. K., y BADAWY A. M.: «Directions for Scholarly Research in Management of Technology», *Journal of Engineering and Technology Management*, n.° 10, 1993.

BERLINER, C., y BRIMSON, J.: «Cost Management for Today's Advanced Manufacturing: The CAM-I Conceptual Design», Harvard Business Press, 1988.

BESSANT, J.: «Managing Advanced Manufacturing Technology», NCC Blackwell, 1991.

BURGELMAN, R. A., y MAIDIQUE, M. A.: «Strategic Management of Technology and Innovation», Irwin, 1988.

BUTTLER, R.; TURNER, R.; COATES, P.; PIKE, R., y PRICE, D.: «Investing in New Technology for Competitive Advantage», *European Management Journal*, vol. 11, n.° 3, 1993.

CARMONA, S. (compilador): «Cambio tecnológico y contabilidad de gestión», Publicaciones del Instituto de Contabilidad y Auditoría de Cuentas (ICAC), Ministerio de Economía y Hacienda, 1993.

DE MEYER, A.: «Management of an International Network of Industrial R&D Laboratories», *R&D Management, 23, 2*, 1993.

DILWORTH, J. B.: «Operations Management», McGraw-Hill, 1992.

DUSSAUGE P.; HART S., y RAMANATSOA, B.: «Strategic Technology Management», John Wiley and Sons, 1992.

FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E., y FERNÁNDEZ CASARIEGO, Z.: «Manual de Dirección Estratégica de la Tecnología», Ariel, 1988.

FERNÁNDEZ STEINKO, A.: «El sector español de bienes de equipo mecánicos», *Economía Industrial*, julio/agosto, 1992.

FLECK, J.: «The development of information integration: Beyond CIM?», *PICT Working Paper 9*, Edinburgh University, 1988.

FOSTER, R.: «A Call for Vision in Managing Technology», *Business Week*, mayo 24, 1982.

GARVIN, D. A.: «Planificación estratégica de la producción», *Harvard Deusto Business Review*, vol. 59, n.° 1, 1994.

GAYNOR, G. H.: «Achieving the Competitive Edge through Integrated Technology Management», McGraw-Hill, 1991.

GERWIN, D., y KOLODNY, H.: «Management of Advanced Manufacturing Technology», Wiley Series in Engineering and Technology Management, 1992.

GUNN, T. G.: «21st Century Manufacturing: Creating Winning Business Performance», Harper Business, 1992.

HAAS, E. A.: «Breakthrough Manufacturing», *Harvard Business Review*, March-April, 1987.

HERTZ, D. B., y THOMAS, H.: «Risk analysis and its applications», Wiley, 1983.

HILL, T.: «Manufacturing Strategy», MacMillan, 1985.

HILL, N., y DIMNIK, T.: «Cost Justifying New technologies», *Business Quarterly*, Winter, 1985.

HOTTENSTEIN, M. P., y DEAN, J. W. Jr.: «Managing Risk in Advanced Manufacturing Technology», *California Management Review*, Summer, 1992.

JAIKUMAR, R.: «Post Industrial Manufacturing», *Harvard Business Review*, noviembre/diciembre, 1986.

KAPLAN, R. S.: «Yesterday's Accounting Undermines Production», *Harvard Business Review*, vol. 62, n.° 4, 1984.

KAPLAN, R. S.: «Must CIM be justified by Faith alone?», *Harvard Business Review*, 1986.

KEEN, P. G. W.: «Value Analysis: Justifying Decision Support Systems», *MIS-Quarterly*, March, 1981.

KELLER, M.: «Rude Awakening», Harper, 1989.

KERREMANS, M.; THEUNISSE, H., y VAN OVERLOOP, G.: «Impact of Automation on Cost Accounting», *Accounting and Business Research*, vol. 21, n.° 82, 1991.

LEFLEY, F., y WHARTON, F.: «Advanced manufacturing technology investment appraisal: A survey of UK manufacturing companies», Proceedings of the 4th International Production Management Conference, EIASM and London Business School, London, 1993.

MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; DOMÍNGUEZ M. A.; RUIZ A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y en los servicios», McGraw-Hill, 1994.

MANSFIELD, E.: «How Economist see R&D», *Harvard Business Review*, noviembre-diciembre, 1971.

MARTINET, A.: «Strategie», Vuibert, 1983.

MARTÍNEZ SÁNCHEZ, A.: «La adopción de robots y sistemas de fabricación flexible en España», *Boletín Económico del ICE*, n.° 2369, 1993.

MCCLAIN, J. O.; THOMAS, L. J., y MAZZOLA, J. B.: «Production of Goods and Services», Prentice Hall, 1992.

MEREDITH, J. R.: «Justifying New Manufacturing Technology», Industrial Engineering and Management Press, 1986.

MEREDITH, J. R.: «The Economics of Investment in Automation», en WILD, R. (ed.) *International Handbook of Production and Operations Management*, Cassell Educational Limited, 1989.

MEREDITH, J. R., y CAMM, J.: «Modelling sinergy and learning under multiple advanced manufacturing technologies», *Decision Sciences*, 20, 1989.

MOLERO, J., y MOLAS, J.: «Spanish Innovative Performance. Evidence from U.S. Patenting», Mimeo, Madrid, Departamento de Estructura Económica y Economía Industrial, Universidad Complutense, 1991.

MOLERO, J.: «Tecnología y competitividad exterior de la industria española», *Economistas*, n.° 52, 1992.

MORIN, J.: «L'Excellence Technologique», Jean Picollec-Publi Union, 1985.

MUNRO, H., y NOORI, H.: «Measuring Commitment to New Manufacturing Technology: Integrating Push and Pull Concepts», *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 35, n.° 2, 1989.

NOORI, H.: «Managing the Dynamics of New Technology: Issues in Manufacturing Management», Prentice-Hall, 1990.

PAPPAS, C.: «Strategic Management of Technology», *Journal of Product Innovation Management*, 1, 1985.

PETERS, T. J., y WATERMAN, R. H. Jr.: «In Search of Excellence», Warner Books, 1982.

PIORE, M., y SABEL, C.: «The Second Industrial Divide: Possibilities for Prosperity», Basic Books, 1984.

PORTER, M. E.: «Competitive Strategy», The Free Press, 1980.

PORTER, M. E.: «The Technological Dimension of Competitive Strategy», en R. S. ROSEMBLOOM (ed.) *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, JAI Press, 1983.

PORTER, M. E.: «Competitive Advantage», The Free Press, 1985.

QUINN, J. B.: «Managing Innovation: Controlled Chaos», *Harvard Business Review*, mayo-junio, 1985.

ROUSSEL, P. A.; SAAD, K. N., y ERICKSON, T. J.: «Tercera Generación de I+D: su integración en la estrategia de negocio», Serie McGraw-Hill de Management, 1991.

SCHILL, R. L.; BERTODO, R. G., y MCARTHUR, D. N.: «Achieving Success in Technology Alliances: The Rover-Honda Strategic Collaboration», *R&D Management*, 24, 3, 1994.

SCHROEDER, R. G.; SCUDDER, G. D., y ELM, D. R.: «Innovation in Manufacturing», *Journal of Operations Management*, vol. 8, n.° 1, 1989.

SHANI, A. B.; GRANT, R. M.; KRISHNAN, R., y THOMPSON, E.: «Advanced manufacturing Systems and Organizational-Choice: Sociotechnical System Approach», *California Management Review*, Summer, 1992.

SHAPIRO, J. F.; SINGHAL, V. M., y WAGNER, S. N.: «Optimizing the Value Chain», *Interfaces*, vol. 23, n.° 2, 1993.

SHIELD, A.: «Strategic Alliances in technical industries», *SRI Presentation*, London, junio, 1989.

SKINNER, W.: «Manufacturing: The Missing Link in Corporate Strategy», *Harvard Business Review*, May-June, 1969.

TAYLES M., y DRURY, C.: «New Manufacturing Technologies and Management Accounting Systems: some evidence of the perceptions of UK management accounting practitioners», *International Journal of Production Economics*, vol. 36, n.° 1, 1994.

UTTERBACK, J. M.: «The process of Technological Innovation within the Firm», *Academy of Management Journal*, March, 1971.

UTTERBACK, J. M., y KIM, L.: «Invasion of a Small Business by Radical Innovation», en KLEINDORFER P. R. (ed.) *The Management of Productivity and Technology in Manufacturing*, Plenum Press, 1985.

VON HIPPEL, E.: «Trading Trade Secrets», *Technology Review*, Feb-March, 1988.

WHEELWRIGHT, S. C., y HAYES, R. H.: «Competing through Manufacturing», *Harvard Business Review*, Jan-Feb, 1985.

WOMACK, J.; JONES, D., y ROOS, D.: «The machine that changed the world», Rawson Associates, 1990.

WOOD, R. C.: «Assembly Lines Build Ideas: Manufacturing Excellence Aids Creativity», *High Technology Business*, 17, 1987.

CAPITULO 13

LA GLOBALIZACION DE LAS OPERACIONES[1]

13.1. INTRODUCCION

Como indicábamos al comienzo de la presente obra (Apartado 2.3.1), dedicada a los aspectos estratégicos de la Dirección de Operaciones, una de las principales características actuales de la Economía es su creciente globalización; no queremos terminar, pues, sin insistir sobre este tema y analizar con mayor detalle cómo está afectando a dicha función empresarial. En realidad, no se trata de un hecho totalmente nuevo ya que esta tendencia se viene produciendo desde los años 50; no obstante, ha sido en las décadas más recientes cuando su ritmo se ha acrecentado tanto que su consideración se ha llegado a convertir en una cuestión prioritaria para la supervivencia de muchas empresas. *Dos* de las principales *manifestaciones de la globalización* son el comercio internacional de bienes y servicios y la inversión directa en el extranjero, que han mantenido un crecimiento progresivo desde la Segunda Guerra Mundial, fuertemente acelerado en los últimos años. Con respecto al comercio internacional, resulta significativo cómo en cada período su crecimiento supera al de la producción mundial (véase Tabla 13.1); en cuanto a la inversión directa en el extranjero, los estadounidenses han sido los pioneros y los más proclives a la expansión internacional durante muchas décadas, siendo actualmente la nación que posee la mayor red de operaciones a nivel mundial. Por su parte Japón, que tradicionalmente ha sido un país exportador (en 1988 sólo el 3,3 por 100 de su producción industrial era fabricada fuera, frente al 17 por 100 de EE. UU. o el 19 por 100 de Alemania) también está apostando fuertemente en los últimos años por una mayor presencia mundial, al igual que sucede con otras naciones industrializadas (Ferdows, 1989, págs., IX y ss).

Los efectos de la internacionalización son perceptibles incluso a nivel de ciudadanos particulares; frecuentemente recibimos noticias acerca de empresas extranjeras que instalan nuevas plantas o adquieren otras ya existentes dentro de nuestras fronteras o, al revés, de firmas nacionales que se establecen en otros países. Asimismo, los productos que a diario compramos y consumimos tienen procedencias cada vez más diversas e incluyen componentes fabricados en varios países distintos. Además, comprobamos cómo, a menudo, los mismos productos y las mismas marcas que conocemos de nuestro mercado están presentes en casi todas las partes del mundo.

[1] Coautor: Pedro Garrido Vega (Universidad de Sevilla).

Tabla 13.1. Volumen de exportaciones y producción mundial (en variaciones porcentuales)

		1960-1970	1970-1980	1980-1991
Exportaciones	— Productos agropecuarios	4,0	3,5	1,3
	— Productos de industrias extractivas	7,0	1,5	−0,7
	— Manufacturas	10,5	7,0	5,3
	Todas las mercancías	8,5	5,0	3,5
Producción	— Productos agropecuarios	2,5	2,0	1,6
	— Productos de industrias extractivas	5,5	3,0	−0,4
	— Manufacturas	7,5	4,5	1,9
	Producción total	6,0	4,0	1,7

Fuente: GATT (1992), tomado de Canals (1994).

La globalización de la Economía es un fenómeno complejo que afecta de manera sustancial a todos los agentes económicos y sociales (Canals, 1994, págs. 2 y ss.):

- A las empresas, en cuanto que las somete a una rivalidad más intensa y las empuja hacia la internacionalización.
- A los gobiernos, por cuanto que la mayor interdependencia de las economías nacionales impone restricciones a la política económica y deja fuera de su control muchas variables macroeconómicas.
- A la población, tanto como miembros del mercado laboral y, por tanto, sufridores de los vaivenes de las decisiones de capacidad y localización de las empresas, que como consumidores beneficiarios de una oferta mayor, más variada, de mayor calidad y a mejores precios.

La globalización está también en la raíz de las últimas crisis y de los profundos cambios de los que estamos siendo testigos. El aumento de la intensidad de la competencia ha provocado frecuentemente en los países desarrollados caídas de precios, reducción de los márgenes empresariales, aparición de excesos de capacidad, procesos de reestructuración de sectores, relocalizaciones y desempleo. Como resultado, en algunos sectores, los tradicionales líderes han sido barridos por la competencia de otras empresas, a menudo procedentes de países que antes ni siquiera contaban en el escenario internacional. Los países del sudeste asiático, por ejemplo, han crecido durante los últimos diez años a un ritmo del 8 por 100 anual y controlan ya alrededor del 20 por 100 del comercio mundial (Cámara, 1994).

La tremenda influencia que la globalización de los mercados y de las empresas ejerce sobre la Función de Operaciones justifica plenamente la inclusión de un capítulo específico sobre este tema. En primer lugar, porque añade un mayor grado de complejidad y dificultad a la problemática y a la toma de decisiones en esta área, al situarla en un entorno mucho más complejo, diverso y cambiante; en segundo lugar, porque introduce cuestiones que son nuevas en relación a la empresa de ámbito local o nacional. Es más, como se comentó en el Capítulo 2, la globalización ha sido uno de los factores fundamentales que han hecho despertar a los directivos de empresa en relación con la crítica importancia de la Función de Operaciones. Este nuevo contexto requiere un cambio de mentalidad y una visión global, lo cual no es fácil para personas que, acostumbradas a operar en entornos domésticos tradicionales, sufren con frecuencia de una especie de miopía local y cultural; se hace necesaria una nueva formación y preparación del factor humano que permita superar esta estrechez de miras y desenvolverse con garantías en un ambiente globalizado. Muchas universidades y escuelas de negocios están ya respondiendo a esta necesidad con la inclusión de cursos y seminarios en sus programas dedicados a estas cuestiones: Negocios Internacionales, Marketing Internacional, Finanzas Internacionales y, más recientemente, también Operaciones Internacionales. En la misma línea, están proliferando en los últimos años los simposios, conferencias y publicaciones sobre el tema: *Symposium on Globalization of Operations Management* (Georgetown University, mayo 1993), *Global Manufacturing in the 21st Century* (ORSA/TIMS, Detroit, octubre 1994), etc.

En el presente capítulo, trataremos, en primer lugar, el proceso de globalización de la empresa, tras lo cual abordaremos cómo éste afecta a la Estrategia Corporativa en tanto que marco integrador del conjunto de áreas funcionales. Posteriormente, analizaremos la Estrategia de Operaciones en un contexto global y trataremos, sucesivamente, la incidencia de la globalización sobre algunas de las principales decisiones en nuestra área. Por último, comentaremos algunos de los principales rasgos que caracterizan a la empresa exitosa en la competencia global.

13.2. EL PROCESO DE GLOBALIZACION DE LAS EMPRESAS

Hablamos del proceso de globalización para referirnos al fenómeno por el cual las empresas pasan de competir y desarrollar sus actividades sobre una base doméstica a plantearlas con una *visión integradora a escala mundial.* En este sentido, podríamos clasificar las firmas en cuatro tipos, que también podrían interpretarse como cuatro fases hacia la globalización[2]:

- **Empresa doméstica:** aquélla cuyo ámbito de operaciones es exclusivamente local o nacional.
- **Empresa exportadora:** aquélla que desarrolla la producción en su país de origen, pero dedica parte de ella al mercado exterior.
- **Empresa multinacional o multidoméstica:** la que posee plantas en diversos países que actúan como divisiones independientes.
- **Empresa global:** la que desarrolla sus operaciones a nivel mundial de forma coordinada e integrada.

Hasta finales de los 70, el modelo predominante ha venido siendo, fundamentalmente, el que hemos catalogado como multidoméstico, pues se pensaba que la clave del éxito radicaba únicamente en la adaptación local y la descentralización (Canals, 1994, pág. 107). A partir de los años 80, algunas empresas comienzan a

[2] Algunos autores como Canals (1994) o Bartlett y Ghoshal (1989), desde una perspectiva histórica, consideran la *empresa global* como aquélla de gran implantación internacional caracterizada por una fuerte concentración de actividades (principalmente I+D, Producción y Compras) en el país de origen, existiendo una fase más que sería la *empresa transnacional*, en la que se combinan la eficiencia económica de la anterior con una mayor capacidad de adaptación a los mercados locales.

ver la necesidad de racionalizar las distintas actividades empresariales dentro de su sistema mundial de subsidiarias. Hoy, muchas de ellas se han reconvertido o están en proceso de reconversión hacia empresas de carácter global, siendo diversos los factores que están empujando a las firmas de distintos sectores a emprender el camino hacia la globalización. De hecho, muchos ya están caracterizados por una competencia de este tipo y pueden ser catalogados como globales (por ejemplo: la industria farmaceútica, la del automóvil, la de electrónica de consumo, etc.); sin embargo, otros aún permanecen un tanto al margen de este fenómeno, en tanto que otras fuerzas operan en contra de la mundialización. Algunos de los factores más importantes que conducen a pensar en la expansión internacional y en la globalización de las operaciones aparecen en el Cuadro 13.1, elaborado principalmente a partir de Sheth y Eshghi (1989, págs. VII y ss).

Cuadro 13.1. Factores que conducen a la expasión internacional y a la globalización de las operaciones

A) *Los costes.* Las diferencias entre las estructuras de costes de los diferentes países permiten obtener ventajas de la dispersión de las operaciones. El coste de la mano de obra, de la materia prima o de los componentes ha animado a algunas empresas a salir fuera de sus fronteras. La búsqueda de economías de escala a través del incremento de los volúmenes de demanda también es un incentivo para la expansión de los mercados y la racionalización de la producción. Los costes de transporte, las tarifas aduaneras y las tasas de cambio pueden aconsejar la inversión en el extranjero.

B) *Los mercados.* La maduración y saturación de los mercados domésticos ha sido uno de los principales motores de la expansión exterior de las empresas en busca del crecimiento. Para muchas empresas españolas, el declive del consumo interno es quizás la principal causa de la búsqueda de mercados exteriores. La aparición de nuevos mercados (por ejemplo: los países del Este de Europa o China, entre otros) o la privatización de sectores en algunos países también abren oportunidades de expansión. La lucha competitiva ha llevado a muchas empresas a implantarse en mercados donde otros competidores son fuertes para intentar erosionar sus principales fuentes de ingresos; con este fin, *la subsidiación cruzada de los mercados*[3] ha sido utilizada tanto como estrategia ofensiva que como defensiva. La entrada de Michelin en el mercado de los EE. UU. y la consiguiente respuesta de Goodyear en algunos mercados europeos es un ejemplo ilustrativo de este hecho (Hamel y Prahalad, 1985, pág. 140). Del mismo modo, la aparición de clientes internacionales que reclaman un servicio mundial puede ser un acicate para la internacionalización de las operaciones.

C) *Los gobiernos.* Ciertas medidas gubernamentales pueden hacer necesario o deseable operar en ciertos países. Así, por ejemplo, los tipos de cambio, la presión fiscal, los incentivos, las barreras arancelarias, los acuerdos de comercio entre países, etc., son algunos de los aspectos sobre los que incide la actuación de los gobiernos y que pueden favorecer la internacionalización de las empresas.

D) *La tecnología.* Algunos de los factores relacionados con la tecnología que pueden favorecer el proceso de globalización de los diversos sectores industriales son los siguientes: la aparición de nuevos sistemas de fabricación que aumentan la flexibilidad y la adaptación a gustos diferentes o que reducen los umbrales de las economías de escala; la mejora en las comunicaciones (gracias a las nuevas Tecnologías de la Información) y la mejora en los transportes, que reducen las barreras espacio-temporales y facilitan los flujos físicos y de información; la mayor necesidad de acceso a las últimas investigaciones y avances técnicos que se produzcan en todo el mundo, etc.

Los factores mencionados en el Cuadro 13.1 pueden actuar en sentido contrario, como frenos a la globalización. Así, la inexistencia de economías de escala significativas, la fragmentación de los mercados debido a grandes diferencias en

[3] La subsidiación cruzada se produce cuando una empresa líder en un mercado determinado decide entrar en el dominado por otra empresa, ofreciendo precios inferiores gracias al cash-flow que obtiene en el primero con el objetivo de restarle cuota de mercado y expulsarla de la competencia.

los gustos y preferencias de los consumidores de los distintos países o los obstáculos gubernamentales (por ejemplo: barreras arancelarias y a la inversión directa, subvención a las empresas nacionales, etc.) son a menudo razones suficientes para impedir o, al menos, desanimar a las empresas a emprender el camino hacia la internacionalización. Pero estas fuerzas, que mantienen ajenos a la globalización a algunos sectores, no son en absoluto inmutables, sino que pueden cambiar, creando oportunidades aprovechables por aquellas firmas que estén atentas a obtener ventajas competitivas mediante el desarrollo de una estrategia global: un cambio en la tecnología, en las necesidades de los clientes o en las políticas de gobierno pueden desatar el proceso de globalización en un sector.

Los apartados que siguen abordan temas que ya han sido tratados en profundidad en otros capítulos de la presente obra o en J. A. D. Machuca y otros (1994), por lo que aquí nos limitaremos fundamentalmente a aquellos aspectos que se ven más afectados por el hecho de operar en un entorno internacional.

13.3. LA ESTRATEGIA GLOBAL

Como indicábamos en el Apartado 3.1, el proceso de formulación de la Estrategia Corporativa debe basarse en un profundo análisis del entorno y de la propia empresa (con la detección de sus fortalezas y debilidades); de esta forma se pretende asegurar su éxito gracias a la consecución de ventajas competitivas sostenibles. Una vez establecida, la Estrategia Empresarial se transforma en el punto de referencia que ha de guiar las numerosas decisiones que, en los distintos niveles (estratégico, táctico y operativo), serán necesarias para llevarla a cabo. Una estrategia internacional es en esencia esto mismo, pero el operar en un ambiente multinacional añade factores de complejidad a su proceso de formulación: los mercados de los diversos países pueden ser muy diferentes entre sí (por ejemplo: gustos distintos que reclaman productos diferentes, canales de distribución variados, etc.), los competidores son más numerosos y también más diversos, intervienen marcos jurídicos diferentes, culturas y lenguas distintas, etc. Conviene recordar que el hecho de que una empresa opere en más de un país no implica necesariamente que tenga una Estrategia Global; ésta es propia de la que, en el apartado anterior, definimos como *empresa global.*

13.3.1. La cadena de valor y la Estrategia Global

Kogut (1985, pág. 16) y Porter (1986, pág. 19 y ss.) proponen la **cadena de valor** de la empresa como una herramienta que puede ayudar en la formulación de la estrategia internacional. Aquélla puede ser definida como el conjunto de actividades de todo tipo desarrolladas por la firma para competir en un sector industrial. Esas actividades pueden ser divididas en dos categorías (véase Figura 13.1, adaptada de Porter, 1986): las *primarias*, ligadas directamente al proceso físico de creación y entrega a los clientes de los productos y servicios, y las *secundarias o de apoyo*, que proveen entradas o infraestructura para facilitar la realización de las primeras. A través del desarrollo de estas actividades se busca crear valor para el cliente, lo cual habrá de reflejarse en un margen positivo entre lo que éste acepta pagar por lo que la empresa le ofrece y los costes en que ésta ha incurrido para ello.

Actividades de apoyo: Infraestructura; Recursos humanos; Tecnología; Aprovisionamientos

Actividades primarias: Compras; Operaciones; Distribución; Ventas; Servicios

Margen

Actividades corriente arriba | Actividades corriente abajo

Figura 13.1. La cadena de valor de la empresa.

Pueden adoptarse básicamente dos enfoques para la creación del valor:

- Ofrecer un producto o servicio similar a los de la competencia, pero obtenido de forma más eficiente y a más bajo coste.
- Ofrecer un producto o servicio que los clientes perciban como diferente de los demás y por el que estén dispuestos a pagar un precio mayor.

Según cual sea la estrategia genérica adoptada por la empresa, la cadena de valor debe ser definida de forma distinta: en términos de la contribución de cada eslabón al coste total del producto o servicio, si se persigue la estrategia orientada al coste, o en términos de la contribución al valor de mercado si se opta por la estrategia orientada al ingreso (Kogut, 1985, pág. 16). El análisis de la cadena de valor debe permitir a la empresa determinar, a la vista de lo demandado por los clientes y de las fuerzas y debilidades propias y de los competidores, qué actividades le conviene reforzar, asignándoles más recursos para llevar a cabo la estrategia deseada.

La empresa global puede obtener *ventajas* de cualquiera *de las actividades* de su cadena de valor, pudiéndose derivar éstas tanto *del tipo* de actividades como *de la forma* en que se llevan a cabo; no obstante, existen otras que pueden ser obtenidas *del lugar* donde son realizadas. Las primeras constituyen propiamente ventajas competitivas de la empresa, mientras que las segundas son en realidad ventajas comparativas de los países. Para Kogut (1985, pág. 15), la esencia del diseño de una estrategia global reside en la adecuada conjugación de unas y otras; en la misma línea, Porter (1991, pág. 76 y ss.) entiende que el problema de una estrategia global radica en cómo colocar y gestionar la cadena de valor para competir a escala mundial y distingue entre:

- *Ventajas derivadas de la localización geográfica de las actividades en distintas naciones.* Típicamente estas ventajas (comparativas) derivan del coste de los factores, pero junto a éstas deben incluirse otras más complejas (por ejemplo, el nivel de cualificación técnica del personal).
- *Ventajas derivadas del sistema global de actividades.* Estas incluyen, entre otras, las economías de escala a nivel mundial o las derivadas de la coordinación global de actividades.

Dentro de las primeras, el citado autor distingue entre ventajas de base doméstica y ventajas de otras naciones, afirmando que el país de origen puede actuar como una plataforma global en un sector si provee a las firmas de éste con ventajas para competir en dicho ámbito. Así, las condiciones operativas del país, tales como las características de la demanda o la intensidad de la competencia, beneficia a veces el éxito en la competencia internacional de sus empresas (por ejemplo: las empresas japonesas de electrónica o la industria italiana de maquinaria para envasado). No obstante, esta distinción puede perder sentido conforme el sector se globaliza totalmente y las compañías dejan de estar vinculadas con un país de origen para convertirse en entes transnacionales.

13.3.2. Dimensiones de la Estrategia Global

No existe una única Estrategia Global, sino muchas opciones estratégicas diferentes; en cada caso, la mejor estrategia diferirá de un sector a otro e incluso de una empresa a otra. Las elecciones estratégicas globales pueden ser caracterizadas por dos dimensiones claves (Porter, 1986, págs., 23 y ss):

- *La configuración*, que se refiere a cómo van a ser distribuidas geográficamente las distintas actividades de la cadena de valor.
- *La coordinación*, esto es, de qué forma y hasta qué grado se van a interrelacionar las actividades entre sí.

Por lo que respecta a la **configuración**, las opciones para cada actividad varían desde su concentración en un único lugar hasta la máxima dispersión; lo primero conlleva fomentar el comercio internacional entre países y lo segundo implica inversión directa en el extranjero, debiendo la empresa analizar y contrapesar las ventajas e inconvenientes de una y otra alternativa para cada actividad. En general, la *concentración* de una actividad favorece el control, la eficiencia y la reducción de costes; la *dispersión*, en cambio, favorece la adecuación a las necesidades locales, el contacto y el compromiso con los mercados, la diversificación de riesgos, la acumulación de experiencias obtenidas en sedes diversas, etc. La Figura 13.2 muestra un ejemplo de configuración global.

	Países					
Actividades	A	B	C	D	E	F
Investigación	∘			∘		∘
Compras	∘	∘			∘	
Producción	∘	∘	∘			∘
Marketing	∘					∘
Distribución	∘	∘	∘	∘	∘	∘
Servicio postventa	∘	∘	∘	∘	∘	∘
Recursos humanos	∘					∘
Finanzas	∘				∘	∘
Control	∘					

Figura 13.2. Configuración de actividades en una empresa global.

En cuanto al **grado de coordinación**, éste puede ir desde su inexistencia, con lo que cada actividad se llevaría a cabo de manera autónoma e independiente en

cada lugar, hasta la máxima coordinación, que supondría que la forma en que esa actividad se realiza en un lugar determinado estaría influida y relacionada con la realizada en los otros lugares donde también se lleve a cabo. Como en el caso anterior, la elección del nivel más adecuado debe ser resultado del equilibrio entre las ventajas e inconvenientes de la interconexión. La coordinación, en palabras de Porter (1991, pág. 81), significa compartir información, atribuir responsabilidades y alinear esfuerzos, lo cual genera **beneficios** como el intercambio de conocimientos y experiencia, la racionalización y consistencia en la ejecución de la actividad y la flexibilidad en la reacción frente a los cambios. Por otro lado, la coordinación puede crear **inconvenientes**, como una excesiva homogeneización, desincentivar la iniciativa o creatividad locales, etc. La elección del grado de dispersión y el nivel de interconexión de las actividades no es siempre completamente libre, sino que está sujeta a muchos condicionantes. Así, por ejemplo, puede venir impuesta por la existencia de normas gubernamentales (tarifas aduaneras o barreras de otro tipo). Del mismo modo, la existencia de grandes diferencias entre los mercados nacionales, así como de dificultades organizativas (por ejemplo: lenguas y culturas diferentes, diferencia de intereses firma matriz-subsidiarias, necesidad de intercambiar grandes volúmenes de información, etc.) actúan como obstáculos frente a la coordinación.

En última instancia, la elección de la configuración / coordinación depende del tipo de actividad de que se trate. Efectivamente, algunas están situadas en la cadena de valor más cercanas a los clientes y a los mercados, mientras que otras están más alejadas. Las primeras, o **actividades «corriente abajo»** requieren normalmente más contacto directo con los clientes y adecuación a las condiciones del mercado en cuestión, creando ventajas competitivas específicas por países. Cuando éstas son las más importantes para la lucha competitiva y los clientes y mercados tienen particularidades en cada país o región, la competencia tiende a ser más de tipo multinacional que global. Por lo que respecta a las **actividades «corriente arriba»** y a las **de apoyo**, son más proclives a la competencia global y crean ventajas para el conjunto del sistema. Así, las correspondientes al marketing y servicio postventa suelen estar dispersas por los países y, en muchas ocasiones, ofrecen pocas posibilidades de coordinación internacional; las actividades de fabricación, por el contrario, pueden generar beneficios por su concentración en determinados países que presentan ventajas comparativas y por la racionalización a escala mundial.

Sin embargo, tal como apunta Porter (1986, pág. 35), la esencia de una estrategia internacional no es buscar el equilibrio entre ventajas e inconvenientes de la configuración y coordinación, sino en mitigarlos o eliminarlos para crear nuevas oportunidades estratégicas. La capacidad de innovación, la creatividad y la visión estratégica global son ingredientes necesarios para tener la capacidad de vislumbrar vías potenciales de globalización en un sector. La falta de comprensión de la competencia global por parte de los cuadros directivos de muchas empresas occidentales ha sido la causa de la falta de respuesta adecuada a los retos actuales. La Dirección debe cambiar hacia una nueva mentalidad basada en nuevos conceptos y emplear herramientas diferentes para juzgar a los competidores y a la ventaja competitiva. Hay que comprender que los competidores globales no están luchando solamente por adquirir un volumen mundial, sino también por el cash-flow necesario para desarrollar nuevos productos e invertir en tecnologías claves y en distribución global. En definitiva, es la dominación de la marca lo que se busca en la lucha global (Hamel y Prahalad, 1985, pág. 145 y ss.).

13.4. LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES EN UN CONTEXTO GLOBAL

Como ya quedó apuntado en el Capítulo 2, la función productiva debe tener una participación activa en el establecimiento de la Estrategia Empresarial; si se la limita exclusivamente al papel de facilitar la implementación de una estrategia formulada al margen de la Dirección de Operaciones, se estará desaprovechando una importante fuente de ventajas competitivas, lo cual puede resultar aún más crítico cuando se trata de una empresa enfrentada a una competencia global. En este contexto, la forma en que la Función de Operaciones debe contribuir a los objetivos estratégicos de la empresa será desarrollada en la **Estrategia Global de Operaciones**, que adecua, a escala mundial, los objetivos y planes de acción de la firma.

Una cuestión importante en este tipo de estrategia es la *configuración del Subsistema de Producción*, es decir, cómo se van a distribuir por el mundo sus distintas actividades. Las opciones son muy numerosas, desde una alta concentración, en la que todas las actividades de producción se realizan en un lugar concreto (normalmente en el país de origen de la empresa, desde donde son exportadas a los distintos mercados), hasta el otro extremo de una alta dispersión, por la que estas actividades se realizan en cada nación o región geográfica principal. La concentración de cada actividad favorece las economías de escala y la facilidad de gestión; con la dispersión se puede buscar otro tipo de ventajas derivadas de la fabricación internacional como, por ejemplo, aprovechar las diferentes estructuras de costes entre países (ventajas comparativas) o superar barreras arancelarias nacionales.

Salvo en el caso extremo descrito en primer lugar, en el que no existe realmente una producción propiamente internacional, la configuración del subsistema de operaciones adquiere la forma de una **red de plantas de producción**, más o menos numerosas, internacionalmente distribuida, la cual se está imponiendo debido a que una red de plantas bien coordinadas provee a la empresa de una mayor capacidad de maniobra. Sin una estructura como esta, la firma tiene menos opciones estratégicas y, dada la tendencia a la competencia global, las consecuencias de esta limitación pueden resultar fatales (Ferdows, 1989, pág. 3). Varios criterios pueden ser utilizados para articular la mencionada red[4]:

- *Enfoque de proceso:* La red se conforma por estadios del proceso de fabricación; cada planta se especializa en una fase concreta y la aplica a todos los productos de la empresa que lo requieran.
- *Enfoque de producto:* Las plantas son divididas por variedades de productos, especializándose cada planta en la fabricación de una reducida gama para el mercado mundial.
- *Enfoque de mercado:* Cada planta fabrica aquellos productos de la firma que son particularmente demandados en la región geográfica en la que está localizada.

En el presente apartado abordaremos más profundamente la problemática de las redes multiplantas, mientras que los matices diferenciadores de las distintas estrategias (véase Capítulo 3) se expondrán en los siguientes.

[4] Véase Apartado 8.4 para una breve mención acerca de las ventajas e inconvenientes de cada enfoque de estrategia multiplantas.

13.4.1. La contribución de las plantas en una red de producción global

En una estructura de fabricación internacional de este tipo, con múltiples plantas situadas en diferentes lugares, cada una de ellas debe tener establecida claramente cuál es su misión dentro de la Estrategia Global de Operaciones. Basándose en un estudio realizado sobre compañías de fabricación de productos electrónicos, Ferdows (1989) ha propuesto un modelo para analizar la *contribución de cada planta dentro de una red de producción internacional*, identificando para ello *dos criterios principales: la razón estratégica básica para el establecimiento de la planta y la clase de actividades de producción que se realizan en ella.*

En cuanto al primero, las diferentes *razones* aducidas *para justificar la creación de una planta* pueden ser reducidas, según dicho autor, a tres propósitos principales:

- *Acceso a factores de producción.* Una de las causas más frecuentes para producir en el extranjero es el aprovechamiento de un menor coste de los factores, de entre los cuales el que con más frecuencia ha resultado decisivo hasta ahora ha sido la mano de obra. La búsqueda de la reducción de los costes laborales ha servido para explicar muchas implantaciones de fábricas en países tales como México, Taiwan o la India y es una de las principales causas del fenómeno conocido como la deslocalización de empresas en los países desarrollados. Con el avance de las nuevas Tecnologías (véase Capítulos 10 a 12), este hecho va perdiendo relevancia en muchos sectores. Otros factores que han conducido a la instalación de plantas en otros países son las materias primas y la energía; también podrían incluirse aquí las subvenciones y los incentivos fiscales, en tanto que abaratan otro factor de producción, cual es el capital.
- *Acceso a recursos tecnológicos.* Para empresas que operan en sectores donde la tecnología es un factor competitivo clave, el situarse cerca de los lugares donde ésta se crea es importante para ganar acceso a ella. La existencia de centros de investigación, universidades, competidores, proveedores y clientes avanzados y sofisticados otorgan ventajas en términos de disponibilidad de personal técnico y cualificado o de acceso a información y conocimiento útiles.
- *Acceso a mercados.* La fabricación próxima al mercado refuerza la adaptación a las necesidades locales y el servicio a los clientes; además ofrece una imagen de compromiso de la empresa con ese mercado, generando confianza hacia ella por parte de los consumidores. En ocasiones, es la única forma de llegar a un mercado superando las barreras impuestas por los gobiernos que tratan de defender la fabricación nacional; ésta es una de las principales razones que han llevado a los japoneses a instalar sus fábricas de automóviles en Europa. También puede ser completamente necesario si los costes de transporte son muy elevados. Una razón más es que la fabricación cerca de los mercados importantes permite a las compañías ser más sensibles a las señales de cambios que se generan en ellos y que pueden marcar la pauta futura en otros mercados.

El *segundo criterio* se refiere a la naturaleza y al grado de trabajo técnico que se realiza en la planta, lo que refleja, en última instancia, la cantidad de valor añadido tecnológico que desarrolla (De Meyer y Wittenberg-Cox, 1994, pág. 113). Esto depende, entre otras cosas, de la cualificación del personal, tanto directivo como no directivo, y del nivel de inversión de capital.

Conjugando ambas dimensiones, esto es, conectando las respuestas a las dos cuestiones, ¿por qué fue creada? y ¿cuánto valor añadido se crea en ella?, se pueden catalogar seis roles distintos para las plantas dentro de un sistema de producción internacional, los cuales se comentan en el Cuadro 13.2, elaborado a partir de Ferdows (1989, pág. 8 y ss.).

Cuadro 13.2. Roles estratégicos de las plantas en una red de producción internacional

Extensión de actividades técnicas	Acceso a factores de producción	Acceso a recursos tecnológicos	Acceso a mercados
Alto	Fuente	Líder	Contribuidora
Bajo	Puesto exterior	Puesto avanzado	Servidora
	Razón primaria para la localización		

Figura 13.3. Roles estratégicos de las plantas en un contexto global.

A. Puestos exteriores. Su razón de ser es el aprovechamiento del bajo coste de la mano de obra o las materias primas de un país; son las típicas plantas en las que se realizan partes del proceso que requieren un uso intensivo de mano de obra, normalmente las operaciones de montaje. La inversión realizada es la mínima necesaria para su funcionamiento y en ella sólo se realizan actividades de escaso contenido técnico. Usualmente su producción es exportada a otros mercados. Un caso típico es el de las maquiladoras en México.

B. Plantas fuentes. Son aquéllas creadas con la misma finalidad anterior, pero que desarrollan otras actividades de contenido más técnico: planifican su producción, pueden introducir cambios en los procesos, seleccionan sus aprovisionamientos, etc. De este modo, se convierten en plantas fuentes para la empresa de determinado tipo de componentes o procesos productivos.

C. Plantas servidoras. Su función es la de atender a un mercado geográfico concreto y desempeñan escasas actividades técnicas. Al igual que en el primer tipo, la inversión se mantiene al mínimo imprescindible para asegurar una producción eficiente. Un ejemplo claro son las plantas de ensamble de productos que se sitúan cerca de grandes centros de consumo y emplean componentes que, en gran parte o en su totalidad, han sido fabricados en el exterior.

D. Plantas contribuidoras. Son las plantas servidoras que pasan a realizar también otras actividades más técnicas. Además de servir a un mercado nacional o regional específico, se convierten en puntos de referencia para toda la compañía en relación con ciertos productos, procesos o tecnologías. De ellas se espera que contribuyan al saber hacer (*know-how*) de la empresa en áreas concretas.

E. Puestos avanzados. Se sitúan en lugares estratégicos para acceder a información y conocimiento; con la proximidad a los competidores, clientes o proveedores más avanzados, o a los centros de investigación más sofisticados, se busca poder participar de los últimos avances tecnológicos e incorporarlos a la empresa para que otras plantas los puedan utilizar y aprovechar. Como apuntan De Meyer y Wittenberg-Cox (1994, pág. 115), su función principal es la de abrir una «ventana» a la tecnología.

F. Plantas líderes. Desarrollan un amplio rango de actividades y se convierten en plantas fundamentales en la contribución de la función de producción a la estrategia empresarial; no sólo incorporan recursos tecnológicos de su alrededor, sino que también los desarrollan y utilizan. De ellas depende la empresa para estar en primera línea en cuanto al desarrollo de sus capacidades y competencias en fabricación y, generalmente, son las responsables de la introducción de nuevos productos y del desarrollo de nuevos procesos.

13.4.2. La gestión de la red multiplantas

Tan importante para la Estrategia Global de Operaciones como la configuración de la red multiplantas es su propia gestión. Muchas de las ventajas de una estructura de producción internacional derivan de la coordinación que exista entre las diversas unidades que la forman, tanto a través de flujos físicos como de información. De la observación de la práctica en empresas internacionales de éxito, De Meyer y Wittenberg-Cox (1994, pág. 117) resaltan algunos aspectos importantes a tener en cuenta. En primer lugar, señalan que es conveniente disponer de plantas con distintos roles dentro de una Estrategia Global de Producción; de otra manera se pierde flexibilidad y fuentes potenciales de ventajas competitivas. Esto implica que la empresa debe ser cuidadosa al dirigir la evolución de las plantas, ya que, por la propia dinámica de las mismas, éstas tienden a adquirir autonomía y a crecer hacia el nivel de plantas líderes (dichas tendencias evolutivas están representadas en la Figura 13.3 en forma de flechas discontinuas). Además, los citados autores apuntan que la empresa debe establecer mecanismos diferentes para valorar el desempeño de las instalaciones; dado que la contribución de cada tipo es diversa, no puede ser medida con un criterio uniforme para todas las plantas (por ejemplo: no se debería valorar a un *puesto avanzado* únicamente por su eficiencia productiva).

Basándose en un estudio sobre cinco empresas de tecnología intensiva Flaherty (1986, pág. 90 y ss.), observa tres características de las configuraciones globales de fabricación. La primera de ellas es que cada empresa suele tener varias plantas con procesos de producción más o menos similares, lo cual permite aprovechar oportunidades de interacción (por ejemplo: una mejora en una planta puede ser usada por otra). La segunda característica es que los flujos de materiales inter-plantas tienden a ser bastante simples en relación a las posibilidades teóricas, lo cual se manifiesta tanto en el hecho de que los intercambios entre las factorías son reducidos, como en que los productos pasan por un número pequeño de ellas en su proceso de fabricación (un máximo de dos en las empresas analizadas). Finalmente, una tercera característica es que las empresas tienden a simplificar sus configuraciones de fabricación a medida que desarrollan estrategias globales, con lo cual persiguen hacer más manejable la gestión de la red.

13.5. EL DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

La elección de los productos con los que competir es una de las decisiones más importantes para una empresa puesto que condiciona el éxito en los mercados (véase Capítulo 4); además, el diseño de los mismos puede determinar entre el 30 y el 70 por 100 del coste controlable del producto (Dilworth, 1993, pág. 669). Al abordar esto último, la firma debe plantearse diversos objetivos: aceptación lo más amplia posible por parte de los clientes (teniendo en cuenta, entre otros, los distintos aspectos relacionados con la calidad (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994 [Capítulo 11]), coste razonable de materiales, facilidad de fabricación de los componentes, facilidad de ensamblaje, buen funcionamiento, fiabilidad, etc. Cuando la empresa está presente en muchos mercados nacionales surgen dos posibilidades extremas para el diseño:

- Competir con productos muy diferentes en cada mercado adaptándose a las necesidades de cada país.
- Competir con productos iguales o similares en todos los mercados.

El *primer caso* refleja, generalmente, el planteamiento de una compañía multinacional dividida en subsidiarias en la que cada una es responsable de un mercado nacional o regional para el que diseña, fabrica y vende los productos que estima más convenientes. Esta forma de competir puede venir impuesta, a veces, por la propia naturaleza del sector en el que se mueve la firma.

El *segundo caso* es propio de la empresa global, si bien ésta no siempre encontrará posible competir con productos totalmente homogéneos en todo el mundo; lo importante, en todo caso, es estar siempre atentos y dispuestos a buscar sinergias en las necesidades de mercados distintos y abrir vías para superar la fragmentación. Incluso en mercados domésticos diferentes terminan apareciendo productos comunes o con ciertas similitudes. Al fin y al cabo, como apunta Schroeder (1993, pág. 697), los productos bien diseñados y de bajo coste suelen tener aceptación a nivel mundial. Una empresa de este tipo puede encontrar muchos beneficios en competir con productos globales, pues esto permite una mayor eficiencia en la producción, gracias, entre otras cosas, a las economías de escala y al factor de aprendizaje, lo cual se reflejará en menores precios o/y mayores márgenes. Al mismo tiempo, pensar en ello a la hora de diseñar productos para que puedan ser aceptados en cualquier mercado elimina la necesidad de costosos rediseños cada vez que se quiera entrar en uno nuevo (véase Capítulo 4). Por ello, a veces puede ser conveniente adoptar los requisitos de los consumidores o de las legislaciones más exigentes (por ejemplo: una cierta empresa del sector electrónico diseña todos sus productos con una protección adicional contra derramamientos de líquidos, aunque ésto sólo es exigido en algunos países europeos (McGrath y Hoole, 1993)). Otras veces puede ser más conveniente anticiparse a los rediseños que requerirá cada mercado, de manera que, cuando llegue el momento, se puedan realizar de forma más rápida y económica. Por otro lado, aunque fuese necesario competir con productos diferenciados en cada país, puede buscarse un cierto grado de estandarización en sus componentes y el uso de partes comunes. Emplear productos o partes estandarizados facilita también la renovación de la cartera de productos, acelerando la introducción de nuevos modelos y permitiendo el aprovechamiento de las mismas instalaciones, sin necesidad de costosas reconversiones.

La presencia mundial puede transformarse en una ventaja competitiva para el diseño de productos en la medida en que la empresa con instalaciones dispersas puede conformar equipos de diseño internacionales con una visión más amplia acerca de gustos locales diversos, normas técnicas y reglamentaciones en cada país, tecnología local y productos competidores. No obstante, para poder aprovechar las indudables ventajas que se pueden obtener de estos equipos, es necesario superar los fuertes obstáculos de comunicación que pueden surgir en ellos. Del mismo modo que abre oportunidades para la empresa, la presencia global también plantea algunas exigencias. En este sentido, una de las más acuciantes es la necesidad de disponer de una *cartera amplia de productos y* de una corriente continua de nuevos productos para soportar inversiones en tecnologías claves, en distribución global y en imagen de marca (Hamel y Prahalad, 1985). Asimismo, la competencia global reclama una *mayor rapidez en la introducción de nuevos productos*, para lo cual es imprescindible abandonar el proceso secuencial en el diseño de los mismos por un proceso en donde las fases se solapen e interactúen (véase Capítulo 4). Por último diremos que, dado que en una empresa global los responsables de diseño y los de fabricación pueden estar en diferentes partes del mundo, las *dificultades de comunicación* pueden representar un obstáculo difícil de superar a la hora de la introducción de nuevos productos o cambios de diseño.

13.6. LA LOCALIZACION DE LAS OPERACIONES

Una cuestión íntimamente relacionada con la configuración de la red de plantas es la localización de las mismas, es decir, la elección de los países en que se van a instalar. En este entorno dicha decisión suele ser más compleja que para una empresa doméstica ya que, entre otras cosas, una empresa global puede, en principio, decidir fabricar o ensamblar en cualquier parte del mundo; sin embargo, es impensable considerar todas las alternativas posibles, puesto que sería excesivamente costoso y requeriría tal cantidad de tiempo que se demoraría enormemente la decisión. Por ello, la mayoría de las firmas tienen establecidas políticas que eliminan desde el principio a ciertos países, de forma que, en realidad, muy pocas posibilidades suelen ser investigadas a fondo. Muchas veces el problema se limita a decidir si invertir o no en un país previamente designado; en otras ocasiones, algunos países o grupos de países son eliminados en base a una o dos características muy concretas, sin más consideración acerca de la verdadera importancia que éstas tienen en la decisión. Así, por ejemplo, alguna empresa podría rechazar a cualquier país de Africa por su elevado nivel de riesgo o a Brasil por tener una alta tasa de inflación (Bass y otros, 1977).

13.6.1. Factores a considerar en la evaluación de alternativas

Un aspecto importante en la decisión de localización en el extranjero es el que se refiere a los factores que han de tenerse en cuenta en el análisis de las alternativas, siendo, en general, el rango de criterios mayor que en el ámbito nacional; ello es debido a que en la elección entre países intervienen algunos factores adicionales como, por ejemplo, las tasas de cambio de las monedas nacionales, la inflación, las tarifas aduaneras, las barreras culturales e idiomáticas, etc. Además, los factores no económicos pueden resultar más importantes, pudiendo ser determinantes para la toma de decisión las cuestiones de tipo social y político; por ejemplo, la existencia de un gobierno inestable, de sentimientos nacionalistas exacerbados o de actitudes contrarias a la inversión extranjera pueden ser argumentos suficientes contra la ubicación de una planta. O al contrario, si, por ejemplo, una empresa venía exportando grandes volúmenes a un país, la imposición de restricciones a la importación por parte del gobierno puede ser motivo suficiente para hacerla producir allí ante el miedo a la pérdida de un mercado importante. El gobierno local adquiere un papel de gran importancia en las decisiones, ya que están en sus manos muchos de los mecanismos que pueden influir sobre el éxito o fracaso de las inversiones extranjeras en su territorio (por ejemplo: política económica, tipos de interés, tasas de cambio, presión fiscal, barreras arancelarias, cuotas de importación, límites a la inversión extranjera, etc). En general, los gobiernos suelen ser favorables a la inversión en su territorio por cuanto que generan riqueza y empleo y, por ello, suelen competir ofreciendo incentivos diversos para atraer a las multinacionales (por ejemplo: terreno gratis, subvenciones, exenciones fiscales, etc.). Un caso real puede ilustrar la importancia del papel del gobierno: en 1977, el gobierno indio impuso a IBM y Coca-Cola que, respectivamente, redujeran su participación en el accionariado al 74 y 40 por 100. Antes que claudicar y perder el control de sus operaciones, ambas compañías prefirieron abandonar y otras firmas coparon sus mercados (Markides y Berg, 1988). Una característica adicional es que las decisiones de localización en un entorno internacional están rodeadas de una mayor incertidumbre. La evaluación de los factores resulta más compleja ya que, como sabemos, no sólo interesa su valor actual sino sus tendencias futuras, que pueden ser difíciles de prever y quedan fuera del control de la empresa. Por ejemplo, la baja tasa de los salarios y la debilidad de la moneda local pueden hacer muy aconsejable producir en un país en este momento, pero ¿se mantendrán estas condiciones en el futuro?

13.6.2. Influencia de la Estrategia Global de Operaciones

Ya vimos cómo con la Estrategia Global la empresa intenta crear ventajas competitivas sobre sus rivales, aunando a las propias de la empresa (que provienen de la forma en que organiza y lleva a cabo las actividades de su cadena de valor) las que derivan de la localización geográfica de esas actividades. La Estrategia Corporativa es, por tanto, el marco en el que se han de tomar las decisiones de localización; si aquélla está dirigida hacia el bajo coste, la elección de la localización se orientará, probablemente, hacia países con bajo nivel de salarios o bajo coste de las materias primas; si está orientada a la diferenciación, otros criterios deben guiar la elección del emplazamiento, tales como la proximidad al mercado, a competidores de primera fila, etc. Cuando nos circunscribimos a la localización de instalaciones de producción, el marco más específico en el que deben tomarse las decisiones es la Estrategia de Operaciones. Al hablar de ella en el Apartado 13.4, distinguíamos tres razones estratégicas primarias para la producción en el exterior: acceso a factores de producción, a recursos tecnológicos y a mercados.

La localización en busca de factores de producción de bajo coste representa la tradicional explicación del comercio internacional ofrecida por la *Teoría de la ventaja comparativa* [5], según la cual, cada país se especializaría en la producción de aquel o aquellos bienes que pudiese obtener con una mayor eficiencia. Aunque esta teoría puede justificar una parte de la dinámica internacional, está claro que no es suficientemente explicativa; de hecho, una empresa global no puede confiar su competitividad únicamente al aprovechamiento de estas ventajas de localización, ya que no son muy duraderas y, además, son fácilmente alcanzables por los competidores, que pueden imitar la ubicación de la empresa. A pesar de ello, la búsqueda de los bajos salarios como respuesta a la competencia extranjera ha desatado la «huida» de numerosas empresas en los países desarrollados; este fenómeno ha sido (y está siendo) tan grave que se ha llegado a hablar incluso de desindustrialización, habiendo alcanzado la pérdida de empleos proporciones muy preocupantes para los gobiernos de estas naciones. Refiriéndose al caso estadounidense, Markides y Berg (1988) tratan de rebatir la idea (asumida como verdad) de que fabricar fuera siempre es bueno para la empresa, independientemente de que pueda no serlo para el país, señalando que, sin duda, no es la única forma de aumentar la competitividad, como queda demostrado por algunos hechos (véase Capítulo 2):

- Algunos fabricantes americanos han mejorado su competitividad sin salir de los Estados Unidos.
- Muchas compañías japonesas están trabajando en plantas en los Estados Unidos con altos niveles de rendimiento.

[5] Para una explicación de ésta y otras teorías sobre el comercio internacional véase, por ejemplo, Canals (1994, Capítulo 4, págs., 77 y ss.).

- Las empresas japonesas no han recurrido a la fabricación exterior durante mucho tiempo (aunque últimamente empiezan a hacerlo).

Además, argumentan que hay poderosas razones para no salir a producir al exterior:

- Los ahorros conseguidos pueden quedar mitigados o incluso anulados por mayores inventarios, costes administrativos más altos, mayores costes de calidad, costes de transporte y tarifas, costes de entrenamiento de los trabajadores, etc.
- En realidad, los ahorros derivados del menor coste en mano de obra no están siempre claros; así, los trabajadores suelen ser menos productivos y el trabajo directo representa cada vez una menor proporción de los costes totales (véase Capítulo 5).
- El diseño y la fabricación deben estar muy unidos; si estos se ubican a larga distancia será muy difícil implementar cambios rápidos de diseño, pudiendo la empresa perder experiencia en éste último y en la innovación. Además, la tecnología transferida a ciertos países no goza de la protección necesaria.
- La ventaja no es duradera y fabricar fuera es interesante cuando se dan tres condiciones, las cuales no están en manos de la empresa: moneda del país de origen fuerte, salarios bajos en el país de destino y ausencia de barreras al comercio.
- Se puede quedar atrapado: los gobiernos pueden presionar para que se transfiera cada vez más tecnología y operaciones, haciendo muy difícil el desmantelamiento futuro.
- Se pueden perder buenos aliados en casa: los trabajadores en el país de origen pueden ser reacios a colaborar en otros frentes cuando ven que muchos empleos se han perdido a su alrededor en beneficio de otros países.

El acceso a recursos tecnológicos es también causa de la elección de ciertas localizaciones de plantas, fundamentalmente, en sectores o empresas de tecnología intensiva, aquéllas en las que su ventaja competitiva está cimentada en la innovación y el progreso tecnológico. Para estas empresas, estar al día es absolutamente fundamental y, para ello, es necesario estar cerca de los mejores rivales, de los mercados y los clientes más sofisticados, de los proveedores más importantes o de los centros de investigación más avanzados. Esta puede ser una explicación válida para la ubicación de las principales empresas informáticas estadounidenses en Silicon Valley o para el hecho de que muchas empresas de componentes del sector automovilístico prefieran en Europa el triángulo Mulhouse-Stuttgart-Munich, donde están los principales productores y proveedores del sector (De Meyer y Wittenberg-Cox, 1994, pág. 111).

Por último, *la localización próxima a un mercado* puede ser necesaria por diversas razones (véase Apartado 13.3). Cuando lo que se pretende con una planta es ganar acceso a mercados, la cuestión de la localización puede devenir en un asunto de valoración de la oportunidad de entrar o no en ellos o de elección de cuál de entre varios es más conveniente. Normalmente se ha venido juzgando la conveniencia de un mercado en términos de potencialidad de beneficios; sin embargo, en la lucha global pueden existir otras razones, tales como alcanzar una mínima cuota de mercado mundial para conseguir una escala adecuada de producción, participar en mercados claves para los competidores con vistas a influir en su comportamiento y evitar el subsidio cruzado, etc.

13.7. LA PLANIFICACION DE LAS OPERACIONES GLOBALES

La empresa global tiene una considerable fuente de ventajas sobre las empresas domésticas y multinacionales en cuanto a la posibilidad de coordinar la producción en varios países. Una buena configuración de la red global de producción puede ser muy ventajosa para la empresa (por ejemplo: establecer fábricas de componentes en países con mano de obra y materias primas baratas y plantas de ensamble en los principales mercados), pero, generalmente, ello no basta por sí solo, siendo necesario acompañarlo de una buena coordinación para aprovechar esta potencial superioridad.

La coordinación conlleva integrar previsiones, planes de producción, programas de envíos, listas de proveedores y otras operaciones necesarias para alcanzar los objetivos corporativos. La planificación integrada de un sistema de fabricación y distribución a escala mundial requiere tomar una amplia gama de decisiones, tales como: ¿qué tipo de productos o componentes conviene fabricar en cada planta?, ¿qué cantidad de cada producto debe ser producido por cada una?, ¿cuál debe ser el flujo de materiales entre las plantas?, ¿qué mercados o pedidos deben ser servidos por cada planta?, ¿de qué proveedores han de obtener sus aprovisionamientos?, etc. Al decidir sobre dichas cuestiones habrán de tenerse en cuenta numerosos factores:

- Las economías de escala potenciales en cada planta y en los aprovisionamientos.
- Las tarifas y obligaciones derivadas de los envíos a través de fronteras nacionales.
- Las fluctuaciones en las tasas de cambio.
- Las diferencias en las tasas impositivas empresariales entre los países.
- Las limitaciones a los flujos de mercancías.
- Las diferencias en los costes de producción en cada planta.
- Las diferencias de diseño en los productos para cada mercado específico, etcétera.

Hay que considerar también que, en esas decisiones, confluyen objetivos diversos (costes, calidad, servicio, flexibilidad y entregas) que, como sabemos, pueden presentar conflictos entre sí (véase Capítulo 3). De acuerdo con McGrath y Hoole (1993, pág. 43), *una red mundial de producción requiere coordinación en sentido vertical y en sentido horizontal.*

En *sentido vertical*, implicaría establecer y dirigir los flujos de materiales, que deben ir desde los proveedores, pasando por las distintas fábricas de componentes y ensambles, hasta el cliente. La coordinación vertical tiene su punto de arranque en Marketing, concretamente en las previsiones de demanda que deben servir para planificar la producción en cada planta. El Plan de Producción de cada una de ellas debe estar estrechamente conectado con los de las demás, de manera que queden reflejadas las interdependencias en cuanto a las necesidades de cada componente que deriven de la demanda de los productos finales. El objetivo debe ser lograr una perfecta sincronización, que permita entregas rápidas y a tiempo, reducir inventarios y dotar al sistema de flexibilidad para reaccionar ante cambios inesperados (*Ibídem*, pág. 43). La planificación integrada de todo el sistema de fabricación puede ser enormemente compleja; en una gran compañía no es extraño tener más de un millón de partes distintas y vender más de 10.000 tipos

de productos. Obviamente, las necesidades interplantas no pueden ser programadas a esos niveles; una solución puede ser la programación centralizada de los items más importantes (un pequeño porcentaje), dejando que cada una de las plantas programe el resto. También podría implantarse un sistema M.R.P.[6] centralizado que permitiera programar en cascada las necesidades de todas las plantas (McGrath y Bequillard, 1989, pág. 32).

En sentido horizontal, la coordinación consiste en asignar la fabricación de productos o componentes entre varias plantas similares. La asignación puede basarse en diversos criterios, tales como el coste, la capacidad de la fábrica, las aptitudes de los operarios en cada planta, la disponibilidad de materiales o la cercanía al cliente (McGrath y Hoole, 1993, pág. 43). Normalmente, las empresas suelen optar por no concentrar toda la fabricación de un mismo producto o componente en una única planta, sino que mantienen dos o más en las que pueden obtener items similares; con ello persiguen adquirir flexibilidad en la asignación de la producción entre países para cubrirse frente a riesgos diversos. Además de esta ventaja, esto puede traducirse, llegado el caso, en un mayor poder de negociación frente a las autoridades locales, puesto que, si se juzga necesario, se podría desviar la producción a otros lugares. La coordinación desde este punto de vista también posibilita la nivelación de la producción[7], evitando sobrecargas en las distintas plantas cuando hay picos de demanda temporales. No obstante, para que pueda ser llevada a cabo la coordinación horizontal, se requiere la existencia de un cierto grado de homogeneidad e intercambiabilidad entre los productos y componentes fabricados en las distintas plantas.

Aunque sujetos a limitaciones (véase Apartado 1.3.3), se han propuesto diversos modelos de investigación operativa para atacar el problema planteado. Starr (1984) propone los modelos de redes para representar y resolver estos problemas de planificación, ya que permiten la consideración total de las alternativas de aprovisionamientos, fabricación, montaje y distribución. Asumiendo que los costes y beneficios de cada opción pueden ser determinados, existen medios para resolver modelos de redes complejos, uno de los cuales es el método de transporte[8]. También han sido desarrollados otros tipos de modelos, como, por ejemplo, el de Cohen, Fisher y Jaikumar (1989), que, formulado a través de la programación matemática entera mixta, incorpora factores como los mencionados más arriba y permite obtener valores óptimos para determinadas decisiones de aprovisionamiento, fabricación y distribución. Por su parte, Kogut y Kulatilaka (1994) destacan que la coordinación de una red de plantas dispersas por todo el mundo provee una flexibilidad operativa que añade valor a la empresa y que puede ser concebida como la posesión de una *opción* para responder a sucesos tales como cambios en las políticas gubernamentales, decisiones de los competidores o aparición de nuevas tecnologías. Para ilustrarlo, plantean un problema de coordinación entre dos plantas localizadas en países diferentes, buscando beneficiarse de la incertidumbre provocada por la fluctuación de la tasa de cambio entre las dos monedas mediante el desplazamiento de la producción de una a otra planta. Usando un modelo de programación dinámica estocástico, esta flexibilidad operativa resulta equivalente a la posesión de una *opción* que puede ser ejercida cuando convenga.

---

[6] Véase J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulos 4 y 5).
[7] Sobre este tema puede verse J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulo 3).
[8] Véase, por ejemplo, J. A. D. Machuca y otros (1994, Anexo a Parte I).

13.8. EL APROVISIONAMIENTO GLOBAL

También en el Area de Compras puede beneficiarse la empresa internacional de las ventajas de una visión integral y una coordinación global. Si se incluyen en los aprovisionamientos todas las materias primas, componentes y equipos que la empresa adquiere a terceros, se entenderá que éstos puedan representar una parte muy importante de los costes. Como vimos en el Cuadro 3.3 el coste de los materiales puede suponer el 60 por 100 del coste de fabricación de un producto (o incluso más). Cuando una empresa examina las posibilidades del suministro externo desde una perspectiva mundial puede descubrir la necesidad de modificar su grado de integración vertical; a veces, puede encontrar preferible subcontratar componentes que en la actualidad son fabricados por ella misma. Este hecho se ha venido produciendo con bastante intensidad en muchas empresas occidentales, provocando la desviación de una buena parte de la producción fuera de las naciones industrializadas; como consecuencia de esto, muchos fabricantes se han llegado a convertir en meros ensambladores de componentes adquiridos en el extranjero, lo cual puede traer consigo efectos negativos que, a medio o largo plazo, anulen los beneficios mencionados (véase Capítulo 2). Modificar el grado de integración vertical implica, en definitiva, una redefinición y reordenación de la cadena de valor, de ahí que el suministro externo deba analizarse en función de la Estrategia Empresarial, y deba plantearse de forma que contribuya al reforzamiento de las ventajas competitivas que se persigan.

De otra parte, cuando una firma opera con una red mundial de plantas, pueden existir muchas oportunidades estratégicas al coordinar globalmente sus aprovisionamientos en vez de dejar que cada unidad resuelva individualmente los suyos; así, por ejemplo, al comprar en régimen global en vez de local, las empresas pueden elegir los mejores proveedores del mundo. Esto conlleva que, a la hora de decidir quién va a suministrar un componente concreto, no sólo deberán evaluarse los vendedores locales o nacionales, sino los de cualquier parte del globo. Al mismo tiempo, al consolidar las necesidades de las distintas plantas, pueden negociarse compras de mayores volúmenes y obtener mejores condiciones: precios más reducidos, entregas más fiables, etc. En realidad, existen principalmente *dos enfoques diferentes para coordinar los aprovisionamientos mundiales* (Canals, 1994, pág. 146):

- Comprar materias primas o componentes al proveedor que ofrezca los mejores precios en cada momento, sacando partido de las diferencias de precios en los mercados.
- Consolidar las compras ante el proveedor para obtener las mejores condiciones.

Coordinar los aprovisionamientos no significa necesariamente que todas las decisiones vayan a pasar a ser realizadas en exclusiva desde las oficinas centrales de la corporación. En general, una mezcla entre aprovisionamientos locales y globales suele ser lo ideal; mientras se centralizan las compras de aquellos items o elementos que son fundamentales, las distintas plantas se encargarían de su propio abastecimiento en lo que se refiere a aquellas materias primas, componentes o equipos que sean de menor importancia, de bajo coste, que se consumen en pequeñas cantidades o que sean particulares de cada una de ellas. De todas formas, el coste no debe ser el único criterio a considerar en la elección del proveedor ya que otros aspectos como la calidad, la variedad, el servicio, la

entrega, la fiabilidad, la flexibilidad, etc. pueden ser muy importantes. El coste puede ser el factor fundamental cuando la empresa busca el liderazgo en costes, pero otras variables pueden ser más relevantes si se busca la diferenciación. En cualquier caso, incluso al considerar el coste hay que tener una visión amplia, ya que suelen surgir elementos de coste ocultos en el suministro externo (Schroeder, 1993, pág. 708).

Las empresas puede utilizar *distintos mecanismos para llevar a cabo el aprovisionamiento internacional* (McGrath y Bequillard, 1989, pág. 33 y ss.):

- *Aprovisionamiento centralizado.* Los componentes más importantes son adquiridos a través de un grupo de compras corporativo.
- *Responsabilidad de plantas líderes.* La responsabilidad para las compras de componentes específicos se asigna a alguna planta principal, generalmente aquélla que hace mayor consumo del mismo.
- *Equipos independientes.* Se forman equipos con representantes de diferentes plantas y funciones, los cuales tienen la responsabilidad de elegir los proveedores y gestionar las compras de diferentes items.

Como indicamos anteriormente, no todo son ventajas en el suministro externo, también existen *dificultades y peligros* que, dadas las tendencias actuales comentadas en el Capítulo 2, cobran mayor fuerza en nuestros días. Uno de estos peligros es la pérdida de conocimientos y experiencia técnica en favor de otras empresas que, indefectiblemente, se produce cuando una firma compra la mayor parte de los componentes de un producto en lugar de fabricarlos ella misma. Es más, puede ocurrir que, algún día, estas empresas que hoy son proveedoras, decidan fabricar y vender sus propios productos en vez de vender componentes, convirtiéndose en poderosos competidores (ésta parece haber sido la causa de la pérdida del liderazgo de EE. UU. en la industria de la electrónica de consumo a manos de empresas asiáticas (Meredith, 1992, pág. 32 y ss.)). Al mismo tiempo, comprar muchos componentes puede dificultar el rediseño o la introducción de cambios en los productos, ya que ello puede implicar modificar componentes producidos en fábricas que pueden estar muy alejadas y que, además, pertenecen a otros. Si se optó por la vía del aprovisionamiento más económico, el problema puede ser mayor ya que, para productores distantes y de bajo coste suele ser aún más difícil incorporar cambios de ingeniería o de volúmenes rápidamente (Flaherty, 1986, pág. 94). Por ello, el aprovisionamiento externo de bajo coste no siempre es la panacea; en realidad, esta opción puede ser conveniente para las partes cuyo consumo es muy alto y con un diseño estable o para productos maduros. En general, sin embargo, el contacto estrecho y la colaboración con los proveedores suelen ser fundamentales, sobre todo para las empresas que trabajan en entornos JIT, para las que las entregas frecuentes, la comunicación fluida y la cooperación con los proveedores son cuestiones determinantes que hacen necesario, frecuentemente, establecer acuerdos a largo plazo con ellos y la proximidad geográfica cliente-proveedor (véase J. A. D. Machuca, 1994, Capítulos 6 y 7). De todas formas, el enfoque JIT no es totalmente incompatible con el aprovisionamiento global. De hecho, a veces el proveedor puede aceptar desarrollar sus actividades cerca del comprador en el marco de un acuerdo estable; otras soluciones pueden requerir enfoques más creativos, como en el caso de Rank Xerox en Europa, que recibía de fuera más de la mitad de los suministros para la fabricación de sus copiadoras a través de un almacén cuya gestión subcontrataron con un especialista (véase De Meyer y Wittenberg-Cox, 1994, pág. 121). También es

posible combinar los beneficios de JIT para algunos componentes con el aprovisionamiento global de otros (véase McGrath y Bequillard, 1989, pág. 33).

13.9. LA GESTION DE LA TECNOLOGIA EN EMPRESAS GLOBALES

Las firmas internacionales desempeñan un importante papel como productores y difusores de conocimiento técnico: nuevos productos, nuevas tecnologías, nuevos sistemas de gestión, etc. Ello es así porque el gasto en I+D está muy ligado al tamaño de las empresas y, para adquirir grandes proporciones, éstas deben expandirse internacionalmente. La relación de causalidad entre el grado de expansión internacional y el volumen del gasto en I+D funciona en ambos sentidos; la I+D promueve la expansión porque las empresas han de buscar la máxima rentabilidad de sus proyectos de inversión en investigación a través de un volumen de ventas mundial; del mismo modo, una empresa con presencia mundial probablemente tenga los recursos y la motivación necesarios para perseguir la innovación. Por ello, no es de extrañar que el nivel de gasto en I+D sea un excelente indicador del grado de internacionalización de un sector (Caves, 1982, pág. 196).

Como ya indicamos en el Capítulo 12, hay, fundamentalmente, dos momentos en la gestión del conocimiento técnico: el de su creación y el de su difusión, cada uno de los cuales encierra una problemática distinta para la empresa global. Con respecto al primero de ellos, la empresa debe decidir *si descentralizar o no las actividades de I+D* y, en caso afirmativo, dónde colocarlas, existiendo diversas fuerzas que operan a favor y en contra de dicha decisión. Por un lado, la ejecución efectiva de la I+D requiere un continuo intercambio de información con las instalaciones de fabricación para que, de esta forma, la investigación se dirija a cuestiones realmente importantes y provea soluciones que sean operativas; es por eso que la I+D está más dispersa en empresas que venden a través de subsidiarias en vez de realizar exportaciones. Además, la diseminación de las actividades de I+D en países de investigación intensiva es una forma de adquirir conocimientos. También la presión de los gobiernos locales o los incentivos ofrecidos por éstos pueden llevar a la descentralización. Sin embargo, por otro lado, dada la importancia estratégica de la I+D, es conveniente un contacto directo con la Alta Dirección corporativa, lo cual empuja hacia la centralización, haciéndolo en el mismo sentido la existencia de economías de escala en la investigación. En general, hay una fuerte tendencia a situar la investigación en los cuarteles generales de la corporación, sobre todo en lo que se refiere a la investigación básica, estando la I+D exterior más orientada hacia el desarrollo o la adaptación de la tecnología a las condiciones de mercado locales. No obstante, el porcentaje que representan las actividades de investigación realizadas fuera del país de origen está creciendo progresivamente en los últimos años.

La *ubicación* de las actividades de investigación es el otro punto importante en esta fase. En esta cuestión parece haber consenso en torno a la idea de que, en general, deben llevarse a cabo cerca de los mercados más avanzados y sofisticados, aquéllos de más alta renta, ya que son los que proveen el entorno más apropiado para la innovación. En algunos casos, aunque no es el principal factor, la ubicación también se puede mostrar sensible al coste de los inputs del I+D.

Una vez producido el conocimiento técnico, la empresa dispone de varias *opciones para su difusión:* la exportación, la inversión directa, las licencias o los acuer-

dos entre empresas. La *exportación de los bienes*[9] es una opción válida cuando, entre otros factores, no existen barreras al comercio, los costes de transporte son moderados o bajos y existen fuertes economías de escala en la producción, mientras que la *inversión directa* puede ser preferida en caso contrario. Las *licencias*[10] tienen la ventaja de reducir la necesidad de inversión, así como el riesgo para el licenciante; también pueden resultar convenientes cuando el mercado es considerado demasiado pequeño o poco atractivo, o cuando existan barreras a la inversión directa e, igualmente, cuando el licenciante no disponga de la experiencia necesaria para operar en mercados extranjeros. Sin embargo, tienen el inconveniente de entrañar un mayor riesgo de filtración de esa tecnología hacia los competidores (la misma empresa que recibe la licencia puede acabar convirtiéndose en un competidor). Es por ello que las grandes firmas suelen preferir la transferencia a través de subsidiarias, especialmente en lo que se refiere a sus tecnologías claves, sobre las que desean mantener un fuerte grado de control, mientras que la licencia suele ser más común en empresas pequeñas o de ingeniería (Schroeder, 1993, pág. 608). Los *acuerdos* o *alianzas* entre empresas, tales como las *joint-venture*, se utilizan para compartir riesgos y conocimientos y son muy útiles para acometer grandes proyectos de investigación que requieren considerables recursos (véase Apartado 2.3.1). Para Ohmae (1989), la globalización hace de las alianzas una herramienta esencial para servir a los clientes ya que en un mundo complejo e incierto, lleno de peligrosos oponentes, es mejor no ir solo. Además, en la actualidad, los productos conllevan tantas tecnologías críticas diferentes que la mayoría de las empresas no pueden permanecer en vanguardia en todas ellas. Todo ello explica la enorme proliferación de alianzas, establecidas con los más diversos propósitos, que se ha producido en los últimos años (véase Cuadro 2.1).

En cualquier caso, la transferencia de la tecnología es una cuestión compleja ya que, no sólo implica transmitir especificaciones de productos o procesos, equipos, muestras de productos, etc., sino que, a menudo, también conlleva transferir experiencia y conocimiento, lo cual es mucho más difícil cuando éstos son novedosos y están poco codificados. En estos casos se requiere una fuerte relación interpersonal entre el emisor y el receptor; por eso, cuando la necesidad de aprendizaje por parte del receptor es grande porque, probablemente, la adquisición de la nueva tecnología lo lleve a moverse fuera de su base establecida de conocimientos y aptitudes, la *joint-venture* es preferible a la licencia ya que en ella existe más motivación y oportunidad para el contacto permanente (Killing, 1981). En este mismo sentido, en empresas globales que operan a través de subsidiarias, la comunicación resulta un aspecto esencial para asegurar la transferencia de tecnología y la coordinación, no sólo en estas actividades de investigación, sino también para otras como fabricación. Muchas de ellas han implantado sistemas de comunicación electrónica, pero incluso los más sofisticados no han podido eliminar la necesidad del contacto cara a cara debido a que sólo éste puede garantizar la generación de un cierto nivel de confianza mutua entre las partes, necesario para el buen funcionamiento de la comunicación (De Meyer, 1991).

Tradicionalmente, el proceso de difusión venía siendo explicado a través del *modelo del ciclo de vida del producto* (Vernon, 1966) según el cual, en una primera fase, la innovación surgida en un país de alta renta se desarrolla en él mismo

[9] En este caso el conocimiento que se transfiere va englobado en ellos.
[10] Las licencias consisten en otorgar a una empresa establecida el derecho a utilizar la tecnología para servir un mercado, a cambio, generalmente, de un porcentaje sobre las ventas.

hasta que, despejada la incertidumbre inicial, se empieza a producir a gran escala y, posteriormente, a exportar a otros países. A medida que el producto madura, se intensifica la competencia y aumenta la elasticidad de la demanda con respecto al precio, la innovación va llegando a otros países desarrollados y, más tarde, a los menos desarrollados, primeramente en forma de exportaciones que, en una fase posterior, son sustituidas por la producción in situ. Este modelo ha ido perdiendo poder explicativo con el paso del tiempo debido a que la expansión de las redes de subsidiarias por parte de las empresas internacionales y la mayor experiencia en procesos de difusión y el establecimiento de mecanismos globales de información hacen hoy posible la difusión más rápida de las innovaciones, de forma que las empresas globales son capaces de lanzar mundialmente una innovación.

Una cuestión más, relacionada con la coordinación de las actividades de investigación y la difusión de la tecnología es que, cuando una empresa internacional posee una red de plantas, debe plantearse hasta qué punto es conveniente la similitud en los productos y procesos dentro de ellas. Una mayor similitud parece hacer posible un grado más alto de coordinación y una mayor rapidez en la difusión del conocimiento. Así por ejemplo, facilita la transmisión de mejoras tecnológicas surgidas en cualquier punto de la red o el diseño e introducción de nuevos productos o procesos ya que éstos requieren menos rediseños y adaptaciones. Sin embargo, la similitud entre las plantas también acarrea inconvenientes como, por ejemplo, la posibilidad de desembocar en una excesiva homogeneidad en el producto frente a los mercados o de coartar la innovación en las distintas plantas (si para mantenerla se impone un rígido control sobre ellas).

13.10. LA PRODUCCION DE CLASE MUNDIAL

En un mundo de creciente internacionalización de la economía, las empresas globales serán las verdaderas triunfadoras; es posible que quede sitio para las de carácter local o nacional, pero, sin duda, la mayor parte del mercado mundial estará fuera de su alcance. Las firmas que deseen competir globalmente deberán ser capaces de sobresalir frente a la gran cantidad de rivales con que se van a encontrar, tanto en el ámbito local como en el internacional; sólo si la compañía consigue estar entre los **competidores de clase mundial** podrá tener éxito en la lucha competitiva global. Ello significa estar entre los mejores de todo el mundo, ser mejor que la mayoría en algún aspecto competitivo importante: «La Función de Operaciones tiene un importante papel que jugar en ese sentido; la producción debe convertirse en uno de los primeros (si no el primero) instrumentos de marketing en el arsenal de la empresa: la calidad, el mantenimiento, el tiempo de respuesta, la flexibilidad y la duración del ciclo de innovación... son controlados por la fábrica» (Peters, 1987 [citado en Plossl, 1991, pág.164]). Hayes y Wheelwright (1984) distinguen *cuatro fases en la competitividad de la producción:*

- *Etapa I: internamente neutral.* El papel de la producción es simplemente «resolver el tema» sin ninguna sorpresa, tratándose de reducir el impacto negativo que aquélla pueda tener; bastará con que el producto pueda ser entregado a los clientes como estaba previsto, ya que la empresa basa su éxito en su capacidad de diseño o en el marketing. En cierta forma, estas firmas preferirían no tener que producir y, frecuentemente, subcontratan gran parte de su producción.

- *Etapa II: externamente neutral.* En esta fase no basta con resolver la cuestión sino que deben también alcanzarse los estándares de coste, calidad y entrega de los competidores. Para ello, la empresa trata de adherirse a las prácticas empleadas por el sector imitando a otras empresas (por ejemplo: comprar los mismos equipos y materiales, usar las mismas técnicas de gestión, etc.).
- *Etapa III: apoyo interno.* A este nivel no se trata de imitar a los competidóres; se busca que la actividad de la función de operaciones se ajuste a la estrategia competitiva elegida en base a otras funciones y que contribuya a facilitar el desempeño de éstas.
- *Etapa IV: apoyo externo.* Operaciones desempeña un papel clave en la Estrategia Corporativa, contribuyendo, al igual que las demás funciones, a crear ventajas competitivas sobre los competidores. Ya no se trata de copiar a los rivales ni de servir sólo de apoyo a otras áreas, se busca desarrollar competencias y capacidades superiores a las de cualquier otro.

La empresa global ha de conseguir que su Función de Operaciones se sitúe en esta última etapa, debe lograr la **producción de clase mundial** *(World Class Manufacturing, WCM)*. Pero, ¿cómo saber cuándo una empresa ha alcanzado ese estatus? Gunn (1991, pág. 28) propone, a modo de ejemplo, tres indicadores en los cuales debe destacar sobre la competencia: la tasa de rotación de inventarios (de materias primas y productos semiterminados), la tasa de defectuosos (que deberá ser medida, como mínimo, en términos de número de partes por millón) y el tiempo de fabricación. Hayes y otros (1988, pág. 23 y ss.) ofrecen otras pistas menos objetivas pero igualmente significativas:

- Los trabajadores y directivos tienen tal cualificación que son deseados por otras empresas.
- Los proveedores de equipos buscan continuamente los consejos y sugerencias por parte de la empresa.
- Responde a los cambios en los mercados o en los precios o consigue nuevos productos más rápidamente que las demás.
- Interconecta el diseño de un nuevo producto con el de su proceso de fabricación.
- Mejora continuamente las instalaciones, los sistemas de apoyo y las capacidades.

¿En qué consiste, pues, la WCM? o, lo que es lo mismo, ¿qué es la *excelencia en la función de Operaciones*? La mayoría de los autores parece estar de acuerdo en que sus principios fundamentales tienen su referente en las empresas japonesas y en sus técnicas de producción; sus logros y éxitos en la escena mundial las avalan. Para Schonberger (1986, pág. 3) en el camino hacia la excelencia que emprendieron algunas empresas americanas alrededor del año 1980 se siguieron dos vías, el camino de la calidad y el de la producción Justo a Tiempo (JIT); sin duda, dichas vías no son en realidad totalmente distintas ni, por supuesto, contrapuestas sino, más bien, complementarias (véase J. A. D. Machuca y otros, 1994 Capítulos 6, 7, 11 y 12). Por su parte, Gunn (1991, pág. 32) en su concepción de la WCM señala tres pilares básicos de la producción integrada: el Justo a Tiempo, JIT, el Control de Calidad Total, TQC, y la producción integrada por ordenador, CIM (véase Figura 13.4 (adaptada de Gunn, 1991, pág. 27)).

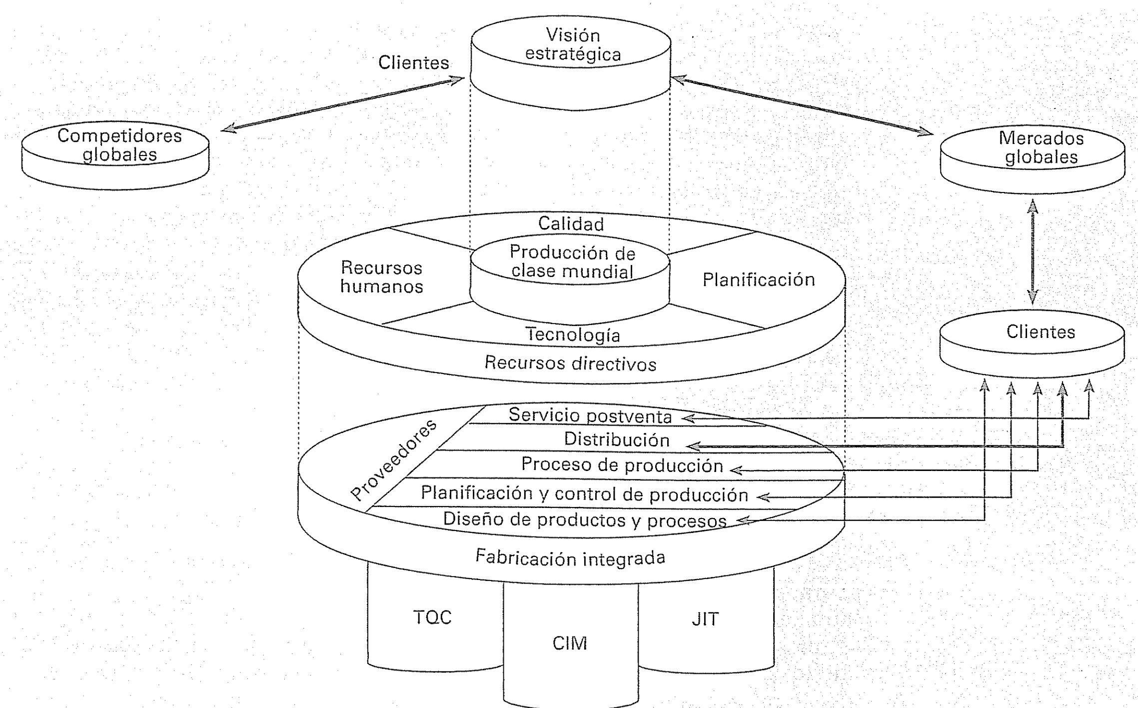


Figura 13.4. Los tres pilares básicos de la producción de clase mundial.

Dichos temas ya fueron analizados por los autores en profundidad[11], por lo que aquí nos limitaremos a señalar algunas de las características que definen a las empresas que han alcanzado el estatus de clase mundial en el área de producción. Las firmas excelentes parecen seguir siete principios (Schroeder, 1993, pág. 713 y siguientes.): ponen en primer término al cliente, son conscientes de la importancia de la calidad, fomentan la participación de los empleados, practican la producción Justo a tiempo, subrayan el papel de la tecnología, son dirigidas con vistas al largo plazo y se orientan a la acción. Todos ellos son aplicables a la producción de clase mundial aunque, en realidad, trascienden a toda la empresa. Por nuestra parte, y centrándonos más en la Función de Operaciones, señalaremos seguidamente algunas de las principales características de la WCM.

13.10.1. El proceso de mejora continua

El rasgo fundamental que distingue a estas empresas es su *dinamismo* (Hayes y otros, 1988, pág. 25); están continuamente aprendiendo a hacer mejor las cosas, comparándose con los mejores competidores, buscando la perfección. Schonberger (1986, pág. 2) apunta que el objetivo de la WCM es, precisamente, la mejora continua y rápida y que el camino hacia ella pasa por la *simplificación*: menos

[11] Véase Capítulo 10 y J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulos 6, 7, 11 y 12).

proveedores, listas de materiales reducidas, fábricas focalizadas (en una estrecha línea de productos o tecnologías), menos estanterías, plantas más pequeñas, distancias más cortas, menos informes, menos inspectores, menos inventarios, etc. Mather (1988, pág. 216), por su parte, recalca este objetivo de la simplificación como medio para luchar contra la complejidad del entorno, la cual se está acrecentando cada día más: los ciclos de vida de los productos se acortan debido a los rápidos cambios tecnológicos, la competencia se amplía con la internacionalización de las empresas, las normativas gubernamentales se prodigan, las tasas de cambio fluctúan, etc. En dicho contexto, la simplificación interna puede servir de gran ayuda pues implica liberar recursos que pueden emplearse para manejar mejor la complejidad externa. En este mismo sentido, también apunta la necesidad de implantar *sistemas de control más simples y eficientes*, que permitan descubrir los problemas cuando surjan; incluso llega a afirmar que el mejor sistema en línea y tiempo real es un par de ojos y una acción bien dirigida.

13.10.2. El máximo aprovechamiento de los Recursos Humanos

Conseguir el máximo aprovechamiento de sus *recursos humanos* no significa hacer que se trabaje más, sino que se haga de forma más inteligente. Las personas hacen funcionar a las empresas; incluso los avances tecnológicos que disminuyen la necesidad de personal no restan importancia al papel del hombre (es más, el éxito o fracaso de aquéllos depende de la forma en que son operados por el factor humano). Como se muestra en el Cuadro 13.3 (Hayes y otros, 1988, pág. 251), la empresa tradicional ha venido descuidando este aspecto, resultando de ello un fuerte desfase entre la preparación del factor humano y el nivel tecnológico alcanzado. Para una firma de clase mundial es necesario un personal bien formado, con motivación, creativo y operativo a la vez; su capacidad de aprender y adaptarse a nuevas situaciones es lo que la hará progresar hacia el nivel de clase mundial.

Para Plossl (1991, pág. 159 y ss.), los cambios necesarios en este ámbito para lograr la WCM son fundamentales y representan instituir una nueva forma de vida, por lo que la Dirección debe asumir el liderazgo desarrollando programas educacionales para preparar a su gente para el futuro, cuyos objetivos deben ser:

- Impartir conocimiento sobre qué es la producción y qué hace.
- Desarrollar las habilidades y pericias técnicas necesarias.
- Estimular el interés en la automejora.
- Desarrollar prácticas de trabajo que permitan iniciativa y solución de problemas en vez de desempeño rutinario.
- Proveer entendimiento de las relaciones con otros y demostrar la necesidad del trabajo en equipo.
- Comunicar los objetivos y las políticas de la empresa.
- Involucrar a todos los empleados en la mejora de la compañía.

Para lograr este cambio es necesario redefinir la estructura organizacional, reduciendo el número de niveles jerárquicos para facilitar una comunicación fluida en todas las direcciones y permitir que el trabajador asuma mayores responsabilidades y, a la vez, mayor control sobre sus actividades (Mather, 1988, pág. 220 y ss.). También será necesaria una mayor flexibilidad organizacional que favorezca la creación de pequeños equipos de trabajo para afrontar cuestiones concretas: el lanzamiento de un producto, la resolución de un problema, la implantación de un nuevo sistema o una nueva máquina, etc. Estos grupos,

Cuadro 13.3. Visión comparativa de los recursos humanos

	Empresa tradicional (mando y control)	Empresa de clase mundial (mejora continua)
Asunciones subyacentes a la arquitectura de fabricación	— Optimizar tareas definidas. — Productividad: adherencia a mejor práctica. — Decisiones corresponden a altos niveles. — Estrecha definición de tareas. — El staff sobre la línea.	— Mejorar tareas en desarrollo. — Productividad: desarrollar mejores prácticas. — Decisiones delegadas a niveles más bajos. — Amplia definición de tareas. — La línea sobre el staff.
Rol de la fuerza de trabajo	— Esfuerzo físico. — Mínima cualificación. — El proceso debe ser independiente del trabajador. — Mantener la estabilidad del proceso (cambios hechos sólo por grupos staff).	— Esfuerzo mental. — Maximizar la cualificación de los trabajadores (tanto técnica como en la resolución de problemas). — El trabajador puede añadir valor al proceso mejorándolo. — La mejora del proceso es tarea de todos (muchas desarrolladas por trabajadores).
Necesidad de información	— Coordinación (qué y cuándo). — Responsabilidades fijadas para problemas a través de procedimientos operativos estándares. — Evaluación de desempeño en base a la adherencia a los procedimientos.	— Resolución de problemas (causa-efecto y eliminación de problemas). — Responsabilidades flexibles para solventar problemas según surgen. — Evaluación del desempeño en base al éxito de la empresa.
Control de la Dirección	— Control directo (análisis de la varianza, supervisión directa y procedimientos rígidos). — El jefe sabe la respuesta. — Jerarquía y estatus estricto.	— Control de segundo orden (sistemas y procedimientos) y de tercer orden (normas y valores). — El jefe apoya y ayuda. — Iguales trabajando como equipo.

que se disgregarán una vez resuelta la cuestión objeto de estudio, deben gozar de una gran autonomía, de modo que el éxito o fracaso quede completamente en sus manos. Un cambio como el apuntado no puede llevarse a cabo sin modificar los sistemas de evaluación y recompensa, así como las políticas de personal. También hay que tener en cuenta que no se trata de un programa puntual sino de un esfuerzo continuado; para que ello pueda ser así, la educación ha de ser considerada como una inversión y no como un gasto con efectos negativos en los resultados del ejercicio como viene siendo considerado en los sistemas convencionales de contabilidad.

13.10.3. El énfasis en la calidad

La alta calidad y la producción libre de defectos sigue siendo fundamental para la competitividad. En los años 70 y 80 fue una estrategia distintiva, pues las diferencias existentes entre las distintas empresas la señalaban como clara fuente de obtención de ventajas competitivas. En la actualidad, las diferencias de calidad entre los competidores son mucho menos importantes y el cliente ha llegado a

altos niveles de exigencia en este terreno, por lo que ha pasado a ser un requisito necesario para mantenerse en el mercado, más que para ganarlo (véanse Apartados 2.2.2 y 2.3.2); en terminología de Hill (1986) diríamos que la calidad se ha convertido en un elemento «cualificador» más que en un «ganador de pedidos». Ello hace que se mantenga su importancia ya que, al no ser una meta estática sino una senda que nunca se termina de recorrer, supone un fuerte estímulo hacia la mejora continua, siendo uno de los pilares básicos de la producción de clase mundial. La calidad no sólo debe impregnar al Area de Operaciones sino a todas las actividades de la empresa, debiendo estar comprometidos con ella desde el presidente hasta el último empleado; el objetivo último debe ser alcanzar la completa satisfacción del cliente.

13.10.4. La consecución de un flujo de fabricación continuo, uniforme y rápido

Si es posible, debe intentarse fabricar justo lo que va a ser vendido cada día; de esta manera, se pretende mantener la flexibilidad, no comprometiendo los recursos en ningún producto hasta el último momento, evitando así tener que soportar cuantiosos y costosos inventarios. Las empresas que no puedan producir más rápido que sus competidores están en peligro y las más lentas están condenadas; de todos los recursos utilizados en la producción, el tiempo es el peor derroche, pues no sólo es irrecuperable, sino que, además, no puede adquirirse más de ningún modo (Plossl, 1991, págs. 161 y ss.). La fábrica de clase mundial ha de ser flexible y dinámica. En las industrias de flujo o de fabricación en masa este tipo de producción es natural y puede ser fácilmente conseguida; en las que fabrican alta variedad y bajos volúmenes es más difícil, pero existen los medios para asemejarlas a las anteriores (los japoneses nos los han enseñado y los hemos visto a lo largo de la presente obra): los sistemas de fabricación flexibles, la tecnología de grupos, la reducción de los tiempos de preparación y la estandarización de componentes son algunos de ellos[12].

13.10.5. Reconocer la importancia de la planificación y ponerla en práctica

Mather (1988, pág. 217) expresa esta necesidad diciendo que hay que gastar más tiempo en planificar el futuro si se quiere tener un futuro. El éxito o fracaso de hoy depende fuertemente de decisiones tomadas en el pasado; dada la velocidad con que se producen los cambios resulta todavía más crucial un enfoque prospectivo. La planificación debe servir para traducir la visión estratégica de la empresa en planes operativos y los dirigentes deben ser conscientes de la importancia de este hecho y dedicar parte de su tiempo a esta tarea. Al mismo tiempo, la planificación debe involucrar al personal de línea, esto es, a aquéllos que serán encargados de su ejecución ya que sin su compromiso existe poca probabilidad de éxito. En la Función de Operaciones la planificación ha sido, tradicionalmente, una cuestión que correspondía al personal de staff y venía impuesta al de línea, mientras que la única preocupación de éstos debía ser la de producir sin más y sacar la producción fuera (Gunn, 1991, pág. 16). Para desarrollar una producción de clase mundial todos deben ser conscientes de que la planificación es un requisito clave para la buena gestión y debe convertirse en la forma usual de trabajar.

[12] Véase también J. A. D. Machuca y otros (1994, Capítulos 6 y 7).

13.11 LA GLOBALIZACION EN LAS EMPRESAS DE SERVICIOS

Al igual que ocurre con las empresas de fabricación, las firmas de servicio también están participando en procesos de globalización, aunque con cierto retraso debido en gran parte a su propia naturaleza. A pesar de ello, la competencia global es ya una realidad en dicho sector para muchas firmas (por ejemplo: financieras, de seguros, de transportes o, de comunicaciones). Diversos hechos hacen pensar que la globalización de los servicios se convertirá en un futuro próximo en uno de los principales focos de interés para los estudiosos y directivos de empresa. En primer lugar, habría que señalar la gran *importancia* que el *sector servicios* está alcanzando *en las economías desarrolladas*, en las que los consumidores reclaman cada vez más servicios y de mayor calidad, incluso de las empresas fabriles (véase Apartado 2.3.4); de hecho, la complementariedad entre bienes y servicios trae consigo que la globalización de las empresas manufactureras arrastre por el mismo camino a los proveedores de servicios relacionadas con ellas. Otro hecho importante es *la tendencia hacia la liberalización económica* imperante en muchos países, que está provocando el desmantelamiento de importantes monopolios de servicios públicos, como es el caso de las telecomunicaciones en España (recientemente el presidente González anunció la inminente aprobación de diez nuevas medidas en este sentido). A esto se une la inclusión, por primera vez, de cuestiones relacionadas con el comercio internacional de los servicios dentro de los acuerdos de la Ronda Uruguay del GATT, lo cual hace presagiar un aumento significativo de la participación de aquéllos en el comercio mundial (actualmente representan en torno al 30 por 100 del mismo). Por último, *el desarrollo tecnológico* está incidiendo drásticamente en la globalización de los mismos por diferentes vías (Vandermerwe y Chadwick, 1989, pág. 80):

- A través de las tecnologías de la información, que están influyendo no sólo sobre los propios servicios, sino también sobre cómo las compañías están expandiéndolos a nivel mundial.
- Gracias a las modernas infraestructuras de telecomunicaciones, que están facilitando diferentes formas de entrega de los servicios a escala global.
- Cambiando la propia naturaleza de los servicios mediante la aplicación de avanzadas tecnologías que facilitan su globalización.

Como ya sabemos, los servicios presentan una serie de características que los diferencian de los productos físicos y que inciden en su problemática y en su gestión (véase Capítulo 4). Dichas características también plantean, en muchos casos, divergencias significativas entre las estrategias de globalización a aplicar a unos y otros. De entre ellas, Campbell y Verbeke (1994, pág. 96) destacan tres por su impacto estratégico sobre las empresas multinacionales de este sector:

- *La intangibilidad*, que implica un mayor riesgo en la compra para los clientes, aumentando la importancia de la imagen de la marca para el establecimiento de un adecuado nivel de confianza hacia la empresa.
- *La inseparabilidad entre la producción y el consumo*, que conlleva la necesidad de un alto grado de interacción entre el cliente y la empresa, haciendo que los servicios resulten, generalmente, más intensivos en mano de obra.
- *La heterogeneidad* que deriva de esto último, la cual conlleva una alta variabilidad de los servicios; el resultado final dependerá en gran medida de la persona que, en última instancia, lo presta.

En general, todo esto hace que los servicios suelan requerir una mayor interconexión entre las actividades primarias de su cadena de valor y, a la vez, una mayor proximidad con respecto al mercado, lo que redunda en una mayor fragmentación y especialización de este tipo de empresas. Esto imposibilita la obtención de las economías de escala en la fase de creación de los servicios (o, cuando menos, les resta significación) ya que, por su naturaleza intangible y la imposibilidad de almacenamiento, no se puede concentrar su producción. Al mismo tiempo la intangibilidad y su carácter variable dificultan la diferenciación de la empresa y el éxito en la introducción de nuevos servicios. Sin embargo, esto no implica que no existan beneficios en la globalización de los mismos; de hecho, la empresa global puede disfrutar de importantes ventajas competitivas sobre las empresas locales. Así, por ejemplo, sin renunciar a su sensibilidad a las necesidades de los distintos mercados, puede aprovecharse de los beneficios de la coordinación o concentración de distintas actividades, especialmente, de las de apoyo, tales como infraestructuras, tecnología, recursos humanos o aprovisionamientos. También puede desarrollar algunas economías de escala, si bien éstas tienden a producirse principalmente en el área de marketing. Asimismo, puede gozar de ventajas derivadas de una reputación mundial (esto puede resultar decisivo para obtener la confianza de clientes internacionales), aunque esto requiere que exista consistencia en los servicios que ofrece en cualquier parte del mundo. Para lograrlo puede ser necesaria la sistematización y estandarización de las instalaciones, los inputs y los procedimientos utilizados en la prestación de los servicios, así como la automatización, cuando sea posible, de las operaciones más sencillas.

A medida que aumenta la competencia internacional en los servicios, se hace imprescindible para la supervivencia de la empresa aprovechar todas las fuentes de creación de ventajas competitivas. Aumentar la productividad es un objetivo vital en este nuevo entorno, para lo cual la incorporación de las nuevas tecnologías resulta un factor fundamental. Estas no sólo permiten reducir el impacto de la mano de obra en los costes y en la calidad, sino que también posibilitan la reducción significativa de la necesidad de contacto directo con los clientes, permitiendo aislar parte de las operaciones y aplicar sobre ellas los mismos principios y técnicas de gestión de las empresas de fabricación (los de la producción de clase mundial). En la misma línea se dirigen otras medidas, tales como la incorporación de los servicios a bienes físicos (por ejemplo: cursos en disquetes o vídeos), o el incremento de la participación de los clientes en la producción del servicio, dejando en sus manos aquellas operaciones que requieran más mano de obra (por ejemplo: autoservicios, cajeros automáticos, etc.).

En cuanto a la *forma de internacionalización de los servicios*, Vandermerwe y Chadwick (1989) señalan vias diversas, aunque no excluyentes, cada una de las cuales representa distinta necesidad de inversión, control y presencia en el país de destino. Ordenadas de acuerdo con ello (de menor a mayor necesidad) serían: la *exportación*, la *dependencia de terceros* y la *inversión directa* en el extranjero, dependiendo del tipo de servicios la utilidad de cada una de ellas. Los autores mencionados emplean dos criterios para clasificar los servicios en este sentido: *el grado en que intervienen bienes físicos en la prestación del servicio y el nivel de interacción cliente/productor*. En líneas generales, a mayor contenido de bienes y menor necesidad de contacto, más facilidad para la exportación. Por el contrario, cuanto menor es el contenido de bienes y mayor la necesidad de interacción, más necesaria será la inversión directa. En el término medio pueden ser más válidas opciones tales como las licencias, las franquicias, las *joint-ventures* y otros acuerdos semejantes entre empresas.

13.12. CONSIDERACIONES FINALES

Desde los años 50, tanto el crecimiento del comercio internacional como el de la inversión directa en el extranjero, han venido poniendo en evidencia la existencia de una tendencia en el entorno económico de la empresa, *la globalización*. En las últimas décadas ésta se ha acelerado fuertemente, cobrando gran importancia por su impacto, que se deja sentir en todos los agentes económicos y sociales, no sólo en la empresa, sino también en los gobiernos y en la población. *Para la empresa* supone un cambio sustancial, que *implica competir y desarrollar sus actividades con una visión integradora a escala mundial*, para lo cual deberá formular estrategias globales que le permitan crear ventajas competitivas sobre sus rivales. El proceso de formulación de una Estrategia Global requiere una nueva mentalidad por parte de los directivos, de forma que puedan analizar y entender el tipo de contexto en el que se mueven; ello implica pasar por la *configuración y coordinación de las distintas actividades de la cadena de valor*. La globalización conlleva importantes implicaciones para la Función de Operaciones, situándola en un entorno mucho más complejo y variado, otorgándole un papel estratégico de primer orden dentro de la compañía. La configuración de una buena **red internacional de plantas de producción**, eligiendo *localizaciones* adecuadas, y la correcta coordinación de las mismas a través de la *planificación global de las operaciones*, pueden ser poderosas fuentes potenciales de ventajas competitivas. También en otras áreas, como *el diseño de los productos, los aprovisionamientos* o *la tecnología*, la empresa global puede gozar de importantes oportunidades estratégicas derivadas de una buena configuración / coordinación.

En el futuro próximo, el aprovechamiento de todas estas ventajas será decisivo en casi todos los sectores (ya lo es en algunos) incluidos **los servicios**. La empresa que desee tener éxito frente a una competencia cada vez más globalizada, deberá afrontar los nuevos retos y estar dispuesta a buscar la *excelencia* en todas las áreas empresariales y a alcanzar el estatus de **competidor de clase mundial**. Con esta obra, que ahora cerramos, esperamos haber contribuido a clarificar algunos de los rasgos de la *excelencia en la Función de Operaciones*, esto es, de la **producción de clase mundial**.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

AQUILANO, N. J., y CHASE, R. B.: «Fundamentals of Operations Management», Irwin, 1991.

BARTLETT, C. A., y GHOSHAL, S.: «Managing Across Borders», Harvard Business School Press, 1989.

BASS, B. M.; MCGREGOR, D. W., y WALTERS, J. L.: «Selecting Foreign Plant Sites: Economic, Social and Political Considerations», *Academy of Management Journal*, 1977, vol. 20, n.° 4.

CÁMARA, P.: «Los nueve dragones. China, Corea del Sur, Thailandia, Taiwan, Singapur, Malasia, Hong-Kong, Indonesia y Filipinas», *Mercado*, 18 abril, 1994.

CAMPBELL, A. J., y VERBEKE, A.: «The Globalization of Service Multinationals», *Long Range Planning*, vol. 27, n.° 2, 1994.

CANALS, J.: «La internacionalización de la empresa. Cómo evaluar la penetración en mercados exteriores», McGraw-Hill, 1994.

CAVES, R. E: «Multinational enterprise and economic analysis», Cambridge University Press, 1982.

CEBRIÁN, B.: «La industria española aprende geografía internacional», *El País*, 29 de mayo, 1994.

COHEN, M. A.; FISHER, M., y JAIKUMAR, R.: «International Manufacturing and Distribution Networks: A Normative Model Framework», en FERDOWS K. (ed.), 1989.

DEAN, J. W. JR., y SUSMAN, G. I.: «Organizing for Manufacturable Design», *Harvard Business Review*, enero-febrero, 1989.

DILWORTH, J. B.: «Production and Operations Management», McGraw-Hill, 1993.

DRUCKER, P. F.: «The Emerging Theory of Manufacturing», *Harvard Business Review*, mayo-junio, 1990.

FERDOWS, K. (ed.): «Managing international manufacturing», North-Holland, 1989.

FLAHERTY, M.T.: «Coordinating International Manufacturing and Technology», en PORTER (ed.), 1986.

GUNN, T. G.: «Manufacturing. Qualitá Totale, CIM, Just-In-Time», McGraw-Hill, 1991.

HAMEL, G., y PRAHALAD, C. K.: «Do you really have a global strategy?», *Harvard Business Review*, julio-agosto, 1985.

HARMON, R. L.: «Reinventing the Factory II. Managing the World Class Factory», The Free Press, 1992.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C., y CLARK, K. B.: «Dynamic Manufacturing. Creating the Learning Organization», *The Free Press*, 1988.

HAYES, R. H., y WHEELWRIGHT, S. C.: «Restoring our Competitive Edge», Wiley, 1984.

HILL, T. J.: «Teaching Manufacturing Strategy», *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 5, n.° 3, 1986.

KILLING, P.: «Technology acquisition: license agreement or joint venture», *Columbia Journal of World Business* (otoño 1981) en SHETH y ESHGHI (eds.), 1989.

KOGUT, B.: «Designing Global Strategies: Comparative and Competitive Value-Added Chains», *Sloan Management Review*, verano 1985.

KOGUT, B., y KULATILAKA, N.: «Operating Flexibility, Global Manufacturing, and the Option Value of a Multinational Network», *Management Science*, vol. 40, n.° 1, enero, 1994.

MACHUCA, J. A. D.; GARCÍA, S.; MACHUCA, M. A. D.; RUIZ, A., y ALVAREZ, M. J.: «Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y los Servicios», McGraw-Hill, 1994.

MARKIDES, C. C., y BERG, N.: «Manufacturing Offshore is Bad Business», *Harvard Business Review*, septiembre-octubre, 1988.

MATHER, H.: «Competitive Manufacturing», Prentice Hall, 1988.

MCCLAIN, J. O.; THOMAS, L. J., y MAZZOLA, J. B.: «Operations Management», Prentice Hall, 1992.

MCGRATH, M. E., y BEQUILLARD, R. B.: «International Manufacturing Strategies and Infrastructural Considerations in the Electronics Industry», en FERDOWS, K. (ed.), 1989.

MCGRATH, M. E., y HOOLE, R. W.: «Las nuevas economías de escala de fabricación», *Harvard Deusto Business Review*, n.° 53, vol. 1, 1993.

MEREDITH, J. R.: «The Management of Operations: A Conceptual Emphasis», John Wiley & Sons, 1992.

MEYER, A. DE, y WITTENBERG-COX, A.: «Nuevo enfoque de la función de Producción. Calidad y flexibilidad», Folio, 1994.

MEYER, DE A.: «Tech Talk: How Managers are Stimulating Global R&D Communication», *Sloan Management Review*, primavera, 1991.

OHMAE, K.: «The Global Logic of Strategic Alliances», *Harvard Business Review*, marzo-abril, 1989.

OLIFF, M. D.; ARPAN, J. S., y DUBOIS, F. L.: «Global Manufacturing Rationalization: The Design and Management of International Factory Networks», en FERDOWS, K. (ed.), 1989.

PETERS, T. J.: «Thriving on Chaos», A. A. Knopf, 1987.

PETERS, T. J., y WATERMAN, R. Jr.: «In Search of Excellence: Lessons from America's Best-Run Companies», Harper & Row, 1982.

PLOSSL, G. W.: «Managing in the New World of Manufacturing. How Companies Can Improve Operations to Compete Globally», Prentice Hall, 1991.

PORTER, M. E. (ed.): «Competition in Global Industries», Harvard Business School Press, 1986.

PORTER, M. E.: «Il vantagio competitivo delle nazioni», Arnoldo Mondadori Editore, 1991.

PRAHALAD, C. K., y HAMEL, G.: «The Core Competence of the Corporation», *Harvard Business Review*, mayo-junio, 1990.

SCHONBERGER, R. J.: «World Class Manufacturing. The Lessons of Simplicity Applied», The Free Press, 1986.

SCHROEDER, R. G.: «Administración de Operaciones», McGraw-Hill, 1993.

SHETH, J., y ESHGHI, G. (eds.): «Global Operations Perspectives», South-Western, 1989.

STARR, M. K.: «Global Production and Operations Strategy», *Columbia Journal of World Business* (Invierno 1984), en SHETH y ESHGHI (eds.), 1989.

TAKEUCHI, H., y NONAKA, I.: «The new new product development game», *Harvard Business Review*, enero-febrero, 1986.

VANDERMERWE, S., y CHADWICK, M.: «The Internationalization of Services», *The Service Industries Journal*, vol. 9, n.° 1, 1989.

VERNON, R.: «International Investment and International Trade in the Product Cycle», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 80, mayo 1966.

APENDICE ESTADISTICO

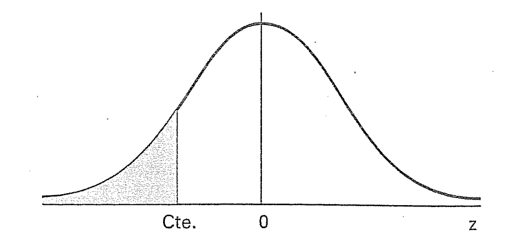


Tabla A.2. Probabilidades de $P(Z \leqslant \text{cte.})$ en la distribución normal tipificada*

Cte.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
−3,9	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
−3,8	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
−3,7	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
−3,6	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
−3,5	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
−3,4	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002
−3,3	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003
−3,2	0,0007	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
−3,1	0,0010	0,0009	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007
−3,0	0,0013	0,0013	0,0013	0,0012	0,0012	0,0011	0,0011	0,0011	0,0010	0,0010
−2,9	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017	0,0016	0,0016	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014
−2,8	0,0026	0,0025	0,0024	0,0023	0,0023	0,0022	0,0021	0,0021	0,0020	0,0019
−2,7	0,0035	0,0034	0,0033	0,0032	0,0031	0,0030	0,0029	0,0028	0,0027	0,0026
−2,6	0,0047	0,0045	0,0044	0,0043	0,0041	0,0040	0,0039	0,0038	0,0037	0,0036
−2,5	0,0062	0,0060	0,0059	0,0057	0,0055	0,0054	0,0052	0,0051	0,0049	0,0048
−2,4	0,0082	0,0080	0,0078	0,0075	0,0073	0,0071	0,0069	0,0068	0,0066	0,0064
−2,3	0,0107	0,0104	0,0102	0,0099	0,0096	0,0094	0,0091	0,0089	0,0087	0,0084
−2,2	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0125	0,0122	0,0119	0,0116	0,0113	0,0110
−2,1	0,0179	0,0174	0,0170	0,0166	0,0162	0,0158	0,0154	0,0150	0,0146	0,0143
−2,0	0,0228	0,0222	0,0217	0,0212	0,0207	0,0202	0,0197	0,0192	0,0188	0,0183
−1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233
−1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
−1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
−1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
−1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
−1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
−1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
−1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
−1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
−1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
−0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
−0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
−0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
−0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
−0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
−0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
−0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
−0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
−0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
−0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641

* Elaborada por el profesor D. J. Luis Pérez de los Ríos (F.C.E.E., Universidad de Sevilla).

Tabla A.2. Probabilidades de $P(Z \leqslant \text{cte.})$ en la distribución normal tipificada (*continuación*)

Cte.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5754
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7258	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7518	0,7549
0,7	0,7580	0,7612	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7996	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3,0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	0,9990
3,1	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,7	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,9	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

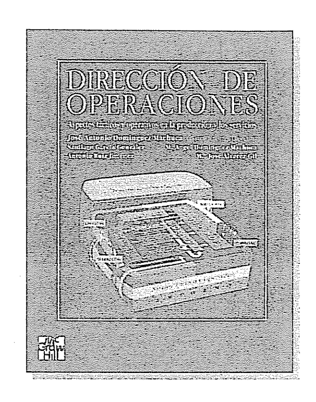
INDICE

Esta obra "DIRECCIÓN DE OPERACIONES"
se complementa con el libro sobre los

Aspectos TÁCTICOS y OPERATIVOS en la producción y los servicios

J. A. Domínguez Machuca
(Coordinador y Director)

Santiago García González
M. A. Domínguez Machuca
Antonio Ruíz Jiménez
Mª José Álvarez Gil



ISBN: 84-481-1803-0
536 páginas

La obra se ha dividido en tres apartados:

1) La planificación, programación y control de operaciones

Presenta un **enfoque jerárquico** para el proceso de planificación y control de la producción y de la capacidad, resaltándose, además, la necesidad de integración con el resto de las áreas empresariales. Se continúa con la **Planificación Agregada** y la **Programación Maestra**. Seguidamente se estudian ampliamente los enfoques propuestos por **MRP/MRPII**, **JIT** y **OPT**, su ámbito de aplicación, sus ventajas e inconvenientes y las interacciones con otras funciones empresariales. También se aborda la **planificación y control a muy corto plazo** y, por último, la problemática particular derivada de la **producción por proyecto**.

2) La calidad: su gestión y control

La **calidad**, objetivo fundamental que ocupa una relevante posición como arma competitiva; se estudia cómo generarla y cuáles son los métodos de control más aplicados.

3) La gestión de stocks con demanda independiente

Se estudia la **gestión de stocks** para productos terminados y otros items con demanda independiente.

Con ello, se cierra el conjunto de actividades que caracterizan los aspectos tácticos y operativos de la Dirección de Operaciones.